

UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID
FACULTAD DE CIENCIAS
Sección de Químicas



TESIS DOCTORAL

**Estudio químico hidrológico del río Ebro y algunos de sus
afluentes**

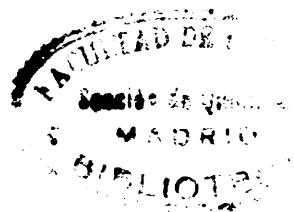
MEMORIA PARA OPTAR AL GRADO DE DOCTOR
PRESENTADA POR

Carmen Gomis Gomis

Madrid, 2015

Serie A - n.º 73

SECCION DE QUIMICAS



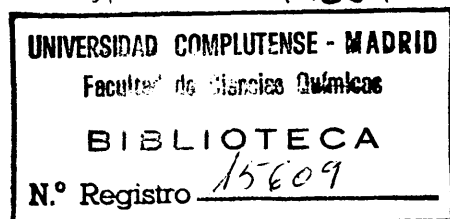
ESTUDIO QUIMICO HIDROLOGICO DEL RIO EBRO Y ALGUNOS DE SUS AFLUENTES

TESIS DOCTORAL

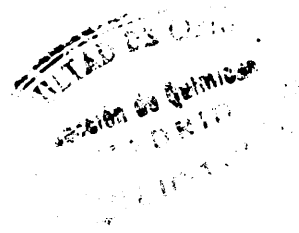
por

CARMEN GOMIS GOMIS

X-53-044207-7



Publicaciones de la Facultad de Ciencias
MADRID, 1968



Queremos mostrar nuestra gratitud a cuantos han hecho posible este trabajo de Tesis y en especial al Excmo. Sr. Don José María Albareda, que ha tenido la gentileza de apadrinar estos estudios.

También queremos hacer resaltar la colaboración prestada por el personal del Laboratorio de Química Hidrológica del Departamento de Hidrogeología y en particular la del Doctor Catalán Lafuente, Jefe del citado Laboratorio, quien ha dirigido y orientado este trabajo.

Por último, deseamos agradecer al Doctor Alonso Pascual su colaboración en el estudio de las muestras al Microscopio Electrónico, así como el asesoramiento en cuestiones geológicas. Igualmente, nos prestó una valiosa ayuda la Sección de Espectroanálisis del Departamento de Química Analítica del C.S.I.C.

I N D I C E

=====

	<u>Página</u>
INTRODUCCION.	1
Orden del trabajo.	3
1.- <u>Descripción fisiográfica de la cuenca del Ebro</u> .	5
2.- <u>Régimen de los rios estudiados</u>	14
Factores atmosféricos.	14
Factores geográficos	19
Factores geológicos.	22
Factores bióticos.	24
Variación estacional	30
Abundancia media e irregularidad	36
Crecidas y estiajes.	41
Transportes sólidos.	44
3.- <u>Sales solubles de las litofacies de la zona.</u> . .	48
4.- <u>Composición química media de las aguas en las</u> <u>estaciones estudiadas: Coeficientes y relaciones</u> <u>iónicas. Descripción de las estaciones de mues-</u> <u>treo</u>	55
5.- <u>Conductividad específica</u>	74
Correlación entre la conductividad específica y el residuo fijo	82
Correlación entre la conductividad y la suma total de miliequivalentes por litro.	85
6.- <u>Análisis Espectroquímico y Microscopía Electrón-</u> <u>ica del residuo fijo y materia en suspensión</u> transportada por las aguas	88
7.- <u>Clasificación de las aguas y estudio comparativo</u> <u>de la calidad de las mismas en las distintas es-</u> <u>taciones de muestreo</u>	93
CONCLUSIONES.	129
TABLAS.	143
FOTOGRAFIAS	191
GRAFICAS Y MAPAS.	197
BIBLIOGRAFIA.	211

I N T R O D U C C I O N

Desde hace unos años se está trabajando en el Laboratorio de Química Hidrológica, en colaboración con el Centro de Estudios Hidrográficos, para llegar al conocimiento de la composición química de los principales ríos de España, analizando muestras mensuales de cincuenta estaciones repartidas a lo largo y a lo ancho de toda la geografía española.

El presente trabajo, que constituye mi tesis doctoral, es el estudio y elaboración de los datos de los análisis de dos años referentes a las aguas del río Ebro y algunos de sus afluentes. Las estaciones de muestreo se situaron en puntos donde existían estaciones de aforo y aunque no son los puntos más ideales para un estudio geoquímico completo, sin embargo desde otros puntos de vista se consideraron como los mejores. También para nuestro estudio nos resultan muy útiles, permitiendonos deducir importantes conclusiones. Hemos intentado superar innumerables dificultades para lograr el muestreo mensual, si bien en algunos casos no nos ha sido posible conseguir las muestras correspondientes.

También hemos hecho un muestreo general de todo el río con sus afluentes, verificado en dos épocas distintas; en la primera se recorrió desde cabecera a Zaragoza y en la segunda desde Zaragoza a Mequinenza, recogiendo muestras de agua y de las litofacies más características, a fin de conocer el origen de los iones que transportan las aguas y la influencia de los aportes laterales en el río principal.

Aunque se estudian con amplitud los aspectos químico y geoquímico de estos ríos, nos hemos fijado fundamentalmente en el análisis de la conductividad y sus relaciones con otros valores determinados en los análisis.

En resumen, en este trabajo nos hemos propuesto conocer la composición química media de las aguas del río Ebro

y algunos de sus afluentes, sus variaciones estacionales y aportes totales, su geoquímica, coeficientes y relaciones de la conductividad con el residuo fijo y la cantidad de miliequivalentes por litro que transportan.

Para lograr este objetivo situamos seis estaciones en los puntos siguientes:

- I.- Ebro en Miranda
- II.- Ebro en Zaragoza
- III.- Ebro en Flix
- IV.- Aragón en Jaca
- V.- Noguera Ribagorzana en la Piñana
- VI.- Cinca en Fraga

Además hicimos el ya citado muestreo general del río en el que se recogieron un total de 20 muestras en los siguientes puntos:

- 1-E.- Embalse de Sobrón (Fot. 7)
- 2-E.- Ebro antes de Haro
- 3-T.- Tirón en Haro
- 4-N.- Najerilla entre Nájera y Baños del río Tobío
- 5-E.- Ebro en Logroño
- 6-Eg.- Ega en Estella
- 7-Ar.- Arga en Larraga
- 8-A.- Aragón en Caporroso
- 9-E.- Ebro en Tudela
- 10-J.- Jalón en Alagón
- 11-E.- Ebro en Zaragoza
- 12-G.- Gállego en Zaragoza
- 13-G.- Gállego en Senegüé (Fot. 12)
- 14-G.- Gállego en Zaragoza (en otra fecha)
- 15-E.- Ebro en Caspe (Fot. 16)
- 16-S.- Segre en Serós (Fot. 17)
- 17-C.- Cinca en Fraga
- 18-E.- Ebro en Mequinenza antes de la desembocadura del Segre (Fot. 18)

- 3 -

19-A1.- Alcanadre en Ballobar (Fot.14)

20-A .- Aragón en Jaca

así como las litofacies que se describen en el capítulo correspondiente.

La recogida de estas últimas muestras de aguas y litofacies, así como la organización de las primeras, constituyó nuestra labor de campo; el trabajo de laboratorio fue el análisis de todas las muestras recogidas, así como el estudio teórico de las conductividades que aparece en el capítulo correspondiente.

La parte bibliográfica, importante en esta clase de trabajos por la necesidad de auxiliarse de otras ciencias como la geología, geografía, meteorología, estadística, etc. fue una parte de nuestro trabajo de gabinete, unido a la elaboración de datos, entre ellos los de aforos, suministrados por el Servicio de Aforos del M.O.P.

ORDEN DEL TRABAJO

Capítulo 1º.- Descripción fisiográfica

Capítulo 2º.- Régimen de los ríos estudiados

Capítulo 3º.- Sales solubles

Capítulo 4º.- Composición química media de las aguas en las estaciones estudiadas: Coeficientes y relaciones iónicas

Capítulo 5º.- Conductividad

Capítulo 6º.- Análisis espectroquímico y microscopía electrónica

Capítulo 7º.- Clasificación de las aguas y estudio comparativo de la calidad de las mismas en las distintas estaciones de muestreo

Capítulo 8º.- Conclusiones

Con los datos aportados por los análisis y medidas

citadas, hemos podido redactar las soluciones a los problemas planteados, que figuran en las conclusiones.

DESCRIPCION FISIOGRAFICA

El Ebro.- Características de su cuenca

El Ebro es el principal río correspondiente a la vertiente peninsular mediterránea, separada de la atlántica por las serranías Celtibérica e Ibérica, limitantes de la cuenca del Ebro por la parte occidental y meridional.

La parte alta de la cuenca del Ebro está limitada septentrionalmente por las montañas centrales de Vasconia, desde la sierra de Aralar en Navarra, hasta la Sierra Salvada en Vizcaya, que establecen divisorias de aguas entre el Cantábrico y el Ebro, continuadas hasta el Oeste por la cordillera Cantábrica hasta la comarca de Reinosa, en donde está Fontibre y el Pico de Tres Mares (2.175 m).

Desde el Pico de Tres Mares, la divisoria entre las cuencas del Ebro y del Duero está en las antiplanicies de la Lora, con la Peña de Amaya, montes de Oca, en la alta paramera burgalesa (con altitudes del millar de metros) y en la rampa orográfica de la Bureba, a enlazar con las crestas de la Sierra de la Demanda y demás cumbres de la alineación orográfica Celtibérica.

Cierran por el este la cuenca del Ebro, la alineación orográfica interior de las Catalánidas coincidente con los límites de las provincias de Tarragona y Barcelona con los de Lérida, y cuyos aportes fluviales a la depresión del Ebro son poco importantes.

En el frente Pirenaico correspondiente a las provincias de Lérida y Huesca existe la alineación orográfica subpirenaica, formada por variedad de terrenos mesozoicos cortados por plano de falla, arrumbado de ESE a WNW, dando frente hacia

el eje de la cuenca.

Dichas zonas montañosas, que con las aportaciones de sus cursos fluviales forman el sistema hidrográfico del Ebro, rodean mediante alineaciones, de carácter geotectónico a la extensa planicie de la depresión Ibera, rellena totalmente por los terrenos neozoicos de facies terrestre.

En el curso de la corriente del Ebro se distinguen tres tramos, claramente determinados por las características topográficas de los territorios atravesados por el río. El primero, o de origen, está situado en las serranías cantábricas y zonas altas de la tierra burgalesa comprendiendo una distancia, entre el nacimiento y Las Conchas de Haro, por las que el río sale al llano, de unos 244 Km., en cuyo trayecto describe numerosos meandros encajados, forma rápidos la corriente en congostos rocosos o se expansiona y mengua la velocidad en ensanches intermontañosos.

El tramo medio está comprendido entre Las Conchas de Haro (410 m) y Mequinenza (52 m), donde se le une la más importante rama fluvial, la del Cinca-Segre, mediando entre ambos sitios unos 514Km. que el río recorre con abundancia de meandros divagantes.

El tercer tramo o final, es de unos 120 Km. entre Mequinenza y el final de la vega de Tortosa, trayecto en el que el Ebro describe numerosos meandros encajados en hondas barrancadas, hasta el ensanche de Mora de Ebro, desde el cual el río cruza por hoz las cordilleras litorales catalanas, recorre la vega de Tortosa y sale al mar en el que forma extenso y productivo delta, de 30 Km. de flecha.

Tramo superior del Ebro y afluentes

Se origina el Ebro en el gran manantial de Fontibre, originado por la acumulación de las aguas de lluvia y nieve en los terrenos calizos que forman el alto Hijaer en las inmediatas

montañas de la cordillera Cantábrica, rocas permeables por fisuración a través de las cuales las aguas se filtran y originan corrientes internas sobre el fondo impermeable de capas subyacentes. Corre por la altiplanicie de Reinosa a la altitud de unos 850 m., y cerca de dicha ciudad se le incorpora el Híjar superficial, procedente de más lejos: de las vertientes de alta montaña, del Pico de Tres Mares, en las cumbres de los puertos de Seijas.

Desde Reinosa hacia el Este, discurre por la Rasa de Campoó de terrenos margosos, areniscosos y calizos, triásicos y jurásicos, continuada más al Este sobre terrenos del cretácico inferior, de constitución margosa y areniscosa a unos 825 m. de altitud, destacando una porción formada por calizas duras, que da lugar al relieve denominado La Lastra. La llanura de la Virga constituyó zona pantanosa, en la que se desarrolla amplia y espesa turbera.

En los períodos glaciares del cuaternario, la Virga estaba ocupada por extensa laguna y de esta época proceden los potentes depósitos de arenas silíceas, dispuestas en repetidos bancos de estratificación cruzada.

El Ebro, a corta distancia de Reinosa, avanza hacia el Este y pasa inmediatamente al borde de la llanura de la Virga, situada a muy pocos metros sobre el nivel del río, el cual torciendo rumbo hacia el Sur en Arroyo, se aleja de la altiplanicie y avanza por la serranía encajado el cauce en gargantas rocosas. Actualmente la altiplanicie de la Virga se ha transformado en un gran embalse regulador del río (embalse del Ebro) de más de una veintena de kilómetros de Este a Oeste, por anchura variable de uno a cinco, sobresaliendo en su centro la extensa península de La Lastra, formada, como ya hemos dicho, por calizas cretácicas resistentes a la erosión.

Desde el embalse del Ebro, el río avanza hacia el Sur, en curso sinuoso con meandros encajados entre calizas cretácicas. Pasa por la cuenca neógena de Miranda de Ebro a los 450 m. de altitud, en donde la corriente se ensancha. Atraviesa la alineación orográfica que de Este a Oeste forma la

la sierra de Cantabria y los Montes Obarenes y por el portillo entre una y otra alineación montañosa, denominado Las Conchas de Haro, abandona las serranías cantábricas, describiendo un meandro, en el que forma rápidos a la altitud de 430 m. a la entrada, y de 410 m. a la salida, y penetra en La Rioja.

En este primer tramo recibe, por la margen izquierda, los afluentes: Nela, Bayas y Zadorra.

Por la margen derecha: el Oca, el Tirón y el Oja o Llera.

Tramo medio (entre Conchas de Haro y Mequinenza).

Pasadas las Conchas de Haro, penetra en la llanura Ibérica, formada por depósitos margosos más o menos arenáceos, de terrenos miocenos. La dirección general, en este tramo, es de noroeste a sureste, en situación más próxima al borde meridional de los territorios montañosos Celtibéricos e Ibéricos que al borde del bajo Pirineo, disposición que hace que la red de afluentes pirenaicos sea de mucho más largo recorrido y caudal que los que desembocan por la margen derecha.

Este tramo del Ebro se puede descomponer en tres porciones, que son: a) la de la Rioja y Ribera de Navarra, que comprende desde Las Conchas de Haro hasta Tudela; b) la situada entre Tudela y Zaragoza, de amplia vallonada, irrigada por canales derivados del río; c) la comprendida entre Zaragoza y Mequinenza, en donde termina el tramo correspondiente a la llanura aragonesa.

El tramo Riojano y de la Ribera de Navarra es de vegas fértiles. Sus principales afluentes en esta parte son: el Najerilla que pasa por la ciudad de Nájera; el Iregua que vierte en el Ebro junto a Logroño; la pareja fluvial de Deza y Jubera que reunidos en uno vierten en el Ebro por Aragoncillo; el Cidacos, de largo recorrido, que vierte al Ebro por la

ciudad de Calahorra; el río Alhama que se origina en la zona alta de las montañas sorianas, en las vertientes orientales y recibe por la margen izquierda el río Linares, desembocando juntos por la ciudad de Alfaro en el Ebro; y el Queiles, que pasa por Tarazona y desemboca en el Ebro por Tudela.

Procedente del país vasco llega a esta primera parte del tramo medio del Ebro, por la margen izquierda, el río Ega que se origina en Maestu (Alava).

En Tudela, el valle del río se ensancha; en un trayecto de unos 24 Km., por la margen izquierda, va adosado su borde bajo, de terrenos margosos miocénicos con potentes espesores. Fuera de este paraje, la gran anchura del valle fluvial, ocupada por aluviones arenáceo-arcillosos, constituye excelente llanura para cultivos de regadío, mediante la desviación de la corriente por dos grandes canales: el de la margen izquierda es el denominado Canal de Tauste y el de la margen derecha, Canal Imperial de Aragón, cuya construcción se efectuó por el gran impulso que a ello dió el Conde de Aranda, ministro de Carlos III.

Pasada Zaragoza se incorpora al río el sobrante del Canal Imperial; desde Velilla de Ebro hasta Mequinenza, en trayecto de unos 60 Km., la vega aluvial está reemplazada por terrenos miocénicos de margas yesíferas y vegetación esteparia que llegan hasta el cauce por una y otra margen.

En la zona media del Ebro, a su paso por Zaragoza, se observan tres terrazas en la ladera derecha del valle en que está edificada la ciudad. La terraza baja, acupada por las edificaciones está de 10 a 15 m. sobre el río. En las inmediaciones del Canal se observa la de 40 m. y en la planicie del cementerio y campo de tiro, otra elevada a 65 m. En la margen izquierda, sobre las margas yesíferas, en la confluencia con el Gállego, existe una alta terraza a 130 m. sobre el río.

En este tramo recibe por la margen derecha diversidad de riachuelos, procedentes de las laderas orientales del Moncayo que se reúnen formando el Huecha, que pasa inmediato a Borja en la planicie aluvial; pero su más importante afluente por esta margen es el Jalón, que establece el límite entre la porción situada al norte, las serranías Celtibéricas, y la situada al sur, las serranías Ibéricas.

Los principales cursos fluviales tributarios del Jalón son: por la margen izquierda, el Nájera, el Deza, el Carabantes, el Ribota y el Isuela, y por la derecha, el Piedra y el Jiloca. El encajado valle de Jiloca está intensamente cultivado, siendo muy productivos sus regadíos y especialmente los plantíos frutales.

Pasada Zaragoza se unen por la margen derecha a la corriente del tramo medio del Ebro cuatro afluentes que son: Huerva, Aguas Vivas, Martín y Guadalope. Por la izquierda recibe los ríos pirenaicos. Los principales, contando de oeste a este, son: la rama fluvial del Aragón, el Arba, el Gállego y el Cinca-Segre.

El río Aragón forma extensa ramificación que riega gran parte del alto Aragón y Navarra. Se origina en la depresión transversal de Jaca, al este y cercano a dicha ciudad pirenaica recibiendo el aporte de más largo recorrido del confluente que desciende de norte a sur por el valle de Canfranc, originado en el Coll de Portalet (1.758 m) teniendo cercano en territorio francés, el pico de Midi de Ossau (2.385 m); se le une también en el rellano de Jaca el arroyo procedente de la Peña de Oroel (1.767 m) situada al sur de dicha ciudad.

Desde Jaca, el Aragón avanza rumbo al oeste a lo largo de la depresión longitudinal pirenaica de origen tectónico, en recorrido desde Jaca a Sangüesa de unos 70 Km.; trayecto en el que recibe por la margen derecha los aportes de los afluentes que descienden por los valles de Hecho, Ansó y Roncal, desde la zona axial de cumbres.

En Sangüesa (Navarra) recibe el Aragón al curso fluvial formado por el Salazar y el Urrubi, procedentes del Pirineo; tuerce después su curso hacia el Sur, penetrando en la Ribera de Navarra en la que recibe al Cidacos; inmediato a su desembocadura en el Ebro, frente a Alfaro se le une el Arga.

El Arba es río de llanura, originándose en los relieves subpirenaicos, al sur de Sos y del extremo occidental de la Sierra de Loarre, comprendiendo la cuenca la comarca de Cinco Villas, constituida por terrenos arcillosos de buena producción cerealística.

El Gállego tiene sus orígenes en la zona axial de las cumbres pirenaicas de Panticosa y Sallent, al Este de Canfranc. Atraviesa el ensanche del rellano de Biescas y al llegar a la alineación orográfica subpirenaica de la Sierra de Loarre, tuerce hacia el Oeste hasta Santa María de la Peña, cruzando en garganta la alineación orográfica subpirenaica; en este paraje es en el que se ha construido la presa del embalse de la Peña. Desemboca en el Ebro, frente a Zaragoza.

La ramificación fluvial Cinca-Segre es la de más caudal y extensión del conjunto de afluentes pirenaicos; equivalente, en cierto modo, al conjunto de los demás tributarios del Ebro por la margen izquierda, procedentes del Pirineo.

El Segre es el curso de mayor recorrido de la rama fluvial. Se origina en territorio francés, atraviesa el diminuto enclavado territorial español de Llívia. Penetra y sigue por el fondo de la depresión geotectónica de la Cerdaña, desde Puigcerdá, en la frontera francesa, hasta Seo de Urgel, corriendo sobre los depósitos neógenos que ocupan en varios parajes la fosa de la Cerdaña; depósitos discordantes sobre el substrato paleozoico y bien datados por sus fósiles de mamíferos y de vegetales.

En Seo de Urgel recibe el primer afluente de importancia, el Valira, que se ramifica por el territorio de la pequeña república de Andorra. En Pons recibe por la margen iz-

quierda el pequeño afluente Llanera. En Artesa de Segre arranca el importante Canal de Urgel, que riega la llanura denominada "Campos de Lérida". Al oeste de Artesa y norte de Camarasa, situadas ambas localidades en las alineaciones orográficas subpirenaicas, se une al Segre el importante afluente Noguera Pallaresa, que es el principal río de Cataluña productor de energía eléctrica, escalonándose a lo largo de su curso los embalses y centrales eléctricas. Entre Balaguer y Lérida se le une el Noguera Ribagorzana, y a distancia de 8 Km. de la desembocadura el Cinca, de abundante ramificación y gran caudal.

El Noguera Ribargorzana es el segundo gran afluente al Segre. Se origina en el puerto de Viella, de la alineación de crestas pirenaicas que vierten septentrionalmente al valle de Arán, entre los picos de Bizberri, al Este (2.952 m) y Aneto, al Oeste (3.404 m), descendiendo la corriente, generalmente encajada en congostos rocosos. Establece límite entre las provincias de Lérida y Huesca. El tramo pirenaico de este río entre Vilaller y Llerp, ha sido en estos últimos años industrializado con la construcción de importantes saltos para la producción de energía eléctrica. Desemboca en el Segre entre Balaguer y Lérida.

La distancia que recorre entre el origen y la desembocadura es de unos 130 Km.

El Cinca iguala en categoría al Segre, reuniéndose ambos muy cerca de la desembocadura común en el Ebro. Nace en la zona de cumbres pirenaicas del alto Aragón, en el macizo de las tres Sorores, fronterizo a Francia, con dos principales ramas: la oriental o del alto Cinca, pasa por Bielsa, y la Occidental, que constituye el Ara, pasa por Torla, en donde recibe el subafluente Arazas, que recorre el notable valle de Ordesa, sitio declarado Parque Nacional por su incomparable belleza agreste. Pasa el Ara por Boltaña, reuniéndose, Cinca y Ara en Ainsa, pintoresca localidad que es el miradero de más espléndida vista de conjunto del Pirineo Central.

Desde Ainsa el Cinca se dirige hacia el Sur, y, al llegar a la alineación subpirenaica, encaja la corriente entre laderas verticales calizas; aquí se encuentra la presa de Mediano de 65,50 m. de altura sin cimientos. Pasado Grado se une al Cinca por la margen izquierda el Esera, que nace en el puerto de Benasque.

A continuación pasa el Cinca próximo a Barbastro, atraviesa la llanura miocena junto a la villa de Monzón, uniéndosele el Alcanadre a unos 16 Km. de Fraga. En esta población circula al pie de los altos tajos verticales de la margen izquierda sobre los que está la ciudad, formados por erosión fluvial en las margas oligocenas; confluye con el Segre unos 12 Km. después de Fraga y 8 más aguas abajo, desembocan juntos en el Ebro. El recorrido del Cinca a través de la zona pirenaica es de unos 85 km. y de unos 95 por la llanura neozoica Ibera, desde la confluencia con el Esera o sea un total de unos 180 Km.

Finalmente desemboca en el Ebro por esta misma margen izquierda, entre Caspe y Mequinenza, el Valcuerna, que recorre la comarca de los Monegros constituida en gran parte por estepas yesosas.

Tramo inferior del Ebro

Como el último punto de muestreo es Flix, a pocos kilómetros de Mequinenza y por tanto ya no afecta a nuestra zona de estudio la influencia que el paisaje geológico pueda ejercer sobre la composición química de las aguas del Ebro, prescindimos de la descripción de este tercer tramo inferior del río, desde Mequinenza a la desembocadura, que por otra parte puede encontrarse en la citada bibliografía.

CAPITULO 2º

REGIMEN DE LOS RIOS ESTUDIADOS

En el estudio que abordamos, creemos es interesante conocer tanto los factores que determinan el régimen del río como los elementos que nos servirán para definirlo. Esta es, escuetamente, la motivación de este capítulo.

Factores de régimen

Para estudiar el régimen de los ríos hemos de tener en cuenta varios factores que influyen en él de modo importante. Son fundamentalmente cuatro:

- 1.- Factores atmosféricos
- 2.- Factores geográficos
- 3.- Factores geológicos
- 4.- Factores bióticos

1.- Factores atmosféricos

El factor principal y decisivo en el régimen de los ríos es el de precipitaciones acuosas. De los datos tomados de la bibliografía (7), (59), (67) y (83) podemos deducir que la zona de cabecera del Ebro y sus afluentes cantábricos hasta el Ega inclusive, es altamente lluviosa y su pluviosidad raramente desciende por debajo de los 1.500 mm. Respecto a la variación estacional puede afirmarse que predominan algo las precipitaciones otoñales, aunque en realidad las lluvias aparecen muy igualmente distribuidas a lo largo del año.

En la vertiente cantábrica del Ebro, entre los 400 y 600 m. existe una precipitación nival variable, pero con un valor medio de 18 días al año, que son unos 14 de 400 a 500m. y

22 de 500 a 600 m.; entre los 700 y 900 m. resultan unos 27 días de precipitación nival al año por término medio. Más allá de los 900 m. no han sido estudiados los datos existentes.

En cuanto a las fechas de precipitación nival el máximo tiene lugar en enero y marzo; en mayo ya son raras y en septiembre no se registran en parte alguna por lo menos en zonas de altura inferior a los 1.200 m.

La parte restante de esta cuenca, afectada por vía vasca por el movimiento general del frente polar y por vía catalana por las perturbaciones mediterráneas del mismo, presenta escasas precipitaciones que ascienden a 400 mm. por razones de relieve.

Sin embargo existen zonas con muy diversos valores de pluviosidad. La comarca de la Bureba no parece percibir más de 600 mm. Las grandes alturas de la Demanda y Cebollera, unos 1,000 mm. en la zona de las cumbres. El Moncayo otros tantos, si bien constituye un islote de humedad separado de la anterior alineación por la depresión de la divisoria que se señala entre el curso del Queiles y el del Cidacos. Del Moncayo al Maestrazgo se señala, más o menos seguida, una zona de máximas precipitaciones. A lo largo de esta línea, las precipitaciones alcanzan en la zona de las cumbres, frecuentemente interrumpidas por depresiones transversales, en las que se encajan los ríos, de 600 a 800 mm. En este sector, todo el valle del Jiloca y la divisoria, reciben precipitaciones inferiores a las indicadas, presentándose hacia el Ebro una extensa zona de sequedad.

Los afluentes que estudiamos, Aragón, Cinca y Noguera Ribagorzana los consideramos como ríos pirenaicos ya que tienen su origen en la alta arista pirenaica con nieves de gran persistencia y muchas características comunes en lo que se refiere a su régimen.

Una larga lista de estaciones constituyen la red meteorológica de esta zona, que puede encontrarse estudiada con detalle en las obras de Joaquín Ferrer (26), H. Gaussen (29) y Richard Schmitt (89), así como en los mapas pluviométricos de P.M. González Quijano (32) y Ministerio de Obras Públicas (56).

De la observación de las curvas de coeficientes de precipitación, relativas a un elevado número de estaciones, se deduce el predominio de un período de precipitaciones abundantes en la estación fría en el oeste pirenaico (Haro, Alsasua, Pamplona y hasta Sangüesa) alternando con amplia y profunda sequía estival; este régimen de precipitaciones va modificándose hacia oriente y mediodía, siendo sustituidas las grandes precipitaciones invernales por una escasez que casi es comparable a la sequía de verano y de esta manera el máximo de precipitaciones es desdoblado en uno preinvernal (otoñal) y otro postinvernal (primaveral) en el que se acusan unas fuertes lluvias en marzo y sobre todo en mayo, separadas por un mínimo relativo de abril, muy constante. A medida que se va avanzando hacia el oriente en la alta arista pirenaica, las precipitaciones primaverales y otoñales se reparten a lo largo de dichas épocas de tal manera que dejan de constituir ya claramente dos picos muy destacados y de este modo hay tendencia a la unión de ambos períodos en una época lluviosa estival en contraposición a una época invernal de escasez tal como ocurre en el Pirineo, de Andorra a Puigmal.

Tanta importancia cabe conceder a la precipitación nival y a la innivación en el régimen de los ríos pirenaicos, como a la precipitación pluvial; la relación variable entre ambas clases de alimentación es lo que determina en buena parte la gama de regímenes existentes a lo largo de la cordillera.

Los datos que poseemos sobre el número de días de precipitación nival en diversas estaciones, pueden indicarnos el valor de la misma en las diversas alturas y los diversos sectores del Pirineo. Se observa que el número de días de ne-

vada va disminuyendo en dirección Este. La variación de la niviosidad con la latitud es, sin embargo, difícil de precisar por cuanto concuerda con las variaciones de la altitud.

En cuanto hace referencia a la distribución de la niviosidad a lo largo del año, se deduce una máxima frecuencia de niviosidad para febrero y también diciembre, acompañados de una niviosidad más irregular en enero y marzo; en cuanto a la innivación se refiere, no poseemos datos de extensión y exactitud suficientes para poder dar un cuadro preciso. De todos modos, en la alta arista de los Pirineos aragoneses existen las nieves persistentes y algún ventisquero.

A alturas entre los 2.000 y 3.000 m. la nieve se mantiene al parecer sobre el terreno, según la exposición de las vertientes; pero siempre de octubre a marzo por lo menos, o sea 180 días. Entre los 1.000 y 2.000 m. la permanencia de nieve es inferior, con variantes locales debidas a la orientación.

En los dos años a que se refiere nuestro trabajo, nos hemos limitado a considerar los datos de pluviometría relativos a la totalidad de la cuenca del Ebro, pues no era nuestro deseo dar mayor extensión a este capítulo.

Solamente hemos considerado tres estaciones situadas en el río principal, precisamente en los lugares de toma de muestras: Miranda de Ebro, Zaragoza (observatorio) y Flix (Tablas núms. 1, 2 y 3). Teniendo en cuenta que la intensidad de las lluvias es uno de los factores que más interesan, ya que es decisivo para la totalidad de los aportes sólidos, consignamos como valor indicador la cantidad máxima de lluvia caída en 24 horas. Esta resulta ser máxima el 29 de noviembre de 1961 en Miranda (33 mm), el 14 de octubre de 1962 en Flix y el 15 de octubre de 1962 en Zaragoza.

También consignamos los datos referentes a las temperaturas máximas, mínimas y medias registradas en las citadas estaciones. Mientras la máxima de Miranda es sólo de 36,2°C

el 24 de julio de 1962, la de Zaragoza fué de 39,4°C el 10 de julio del mismo año y la de Flix vuelve a ser de 39,0°C el 14 de julio del ya citado año.

En las tablas de datos consideramos años hidrológicos, es decir, comprendidos entre septiembre de un año y octubre del siguiente, para mayor facilidad en la comparación de los datos de la pluviometría con los de los caudales medios mensuales.

Año 1961-1962.

El otoño de 1961 (TABLA 4 y Graf. 1) fue la estación más lluviosa del año y presenta un máximo verdaderamente extraordinario en el mes de noviembre, con un valor de 12.299 millones de metros cúbicos, que es 2,45 veces mayor que la media mensual.

En el mes de diciembre disminuyen bastante las precipitaciones que vuelven a aumentar en enero de 1962, para alcanzar de nuevo un valor superior al de la media.

De los meses correspondientes al invierno meteorológico, (diciembre, enero y febrero), es enero el que alcanza el valor máximo en la cuenca del Ebro, aunque es muy parecido al de febrero. Este mes marca un mínimo en casi todas las regiones y en la totalidad de la España Peninsular entre enero y marzo, primer mes de la primavera. Sin embargo no es esto lo que sucede en la cuenca del Ebro, en la que el mes de marzo presenta un valor inferior al de febrero.

El mes de mínimas precipitaciones fue el de julio, con 1.166 millones de metros cúbicos. En la mayoría de las regiones, sin embargo, fue el mes de agosto el más seco del verano.

Año 1962-1963.

Este año se caracteriza por una irregularidad muy inferior a la del anteriormente considerado, si bien su valor medio es superior al del año 1961-1962.

Todos sus meses difieren muy poco del valor modular y presentan un mayor número de oscilaciones. Los máximos se encuentran en octubre de 1962, con un valor de 6.595 millones de metros cúbicos, y en septiembre de 1963 con 7.461 millones de metros cúbicos. El mínimo corresponde al mes de mayo; y julio, que el año anterior presentó el valor mínimo, pasa ahora a tener un valor muy semejante al de la media mensual.

Irregularidad de las precipitaciones.

Entendemos por tal la relación entre el mes más húmedo y el mes más seco de cada año: los valores obtenidos en nuestro caso son los siguientes:

$$1961-1962: \quad 12.299/1.166 = 10,5$$

$$1962-1963: \quad 7.461/3.955 = 1,89$$

2.- Factores geográficos

El relieve además de su influencia en la cuantía, distribución y estado físico de las precipitaciones tiene también gran interés en relación con las características físicas de la cuenca del río.

Para definir éstas, emplearemos las siguientes magnitudes:

L = longitud del río en el tramo considerado,

L' = longitud en línea recta del tramo que se trate,

S = superficie de la cuenca,

S/L = anchura media teórica de la cuenca,

L/L' = sinuosidad del río en el tramo considerado, que en nuestro caso toma los valores que se dan en la TABLA 5.

El Ebro es un río largo de cabecera alta, que en varios puntos de su curso tiene que cortar escarpados relieves, como sucede en Conchas de Haro y en la travesía de la cordillera prelitoral catalana. En gran parte de su recorrido, entre Velilla y Mequinenza, corre por terrenos horizontales dando lugar a zonas palustres y cursos divagantes que tanta importancia tienen en el frenado de avenidas. No presenta pendiente muy vigorosa en ninguno de sus puntos; solamente el Híjar, su progenitor de montaña, la tiene realmente fuerte.

En su nacimiento, en Fontibre, tiene una altitud de 853 m. Su cota en Miranda es de 460 m. En Zaragoza de 189,21 m. y en Flix de 40 m. Las cotas máximas de la cuenca son de 2.175 m. en el tramo comprendido entre el nacimiento y Miranda, 2.886 m entre Miranda y Zaragoza y 3.404 m. entre Zaragoza y Flix.

Sus afluentes principales presentan características comunes.

En su cabecera recibe varios ríos de origen cantábrico entre los que podemos contar: Nela, Bayas, Zadorra y Ega. Por su margen derecha los derrames celtibéricos e Ibéricos: Oca, Tirón, Oja o Llera, Najerilla, Iregua, Deza y Jubera, Cidacos y Alhama; procedentes del Moncayo, Sierra Ministra, Parameras de Molina, etc.: Queiles, Huecha, Jalón, Piedra, Jiloca, Huerva, Aguas Vivas, Martín y Guadalope.

En su tramo medio recibe también los derrames de la parte sur de los Pirineos: Arga, Aragón, Gállego, Cinca, Noguerras y Segre; finalmente recibe también diversos subafluentes considerados como derrames subpirenaicos: Arba, Alcanadre, Flumen, Guatizalema e Isuela.

El río Aragón presenta un amplio avenamiento en abanico en las cimas pirenaicas desde el Adi 1.503 m. por el Pico de Ory, con 2.017 m. y el Pico de Anie con 2.054 al puerto de Canfranc. En Jaca tiene una altitud de 786,59 m. y en su desembocadura en el Ebro, entre Milagro y Alfaro, 315 m. La cota máxima de la cuenca es 2.886 m.

El Noguera Ribagorzana se origina en el puerto de Viella entre los Picos de Bizberri, al Este (2.952 m) y Aneto, al Oeste (3.404 m). Su costa en la Piñana es de 300 m. y en su desembocadura en el Segre, a media distancia entre Balaguer y Lérida, poco más abajo de Corbins, de 190 m. La cota máxima es de 3.205 m. y la media de 1.216 m.

El Cinca posee también una amplia zona de cabecera que abarca del Viñamala por el Gavarnie, el Monte Perdido y el Posets a la Maladeta. Nace en el macizo de las Tres Sorores (3.250 m.) fronterizo a Francia. Pasa por Fraga a la altitud de 100 m. y desemboca 12 Kilómetros después en el Segre a la altitud de 85 m. para verter juntos al Ebro sólo 8 Kilómetros aguas abajo, en Mequinenza (52 m). La cota máxima de la cuenca es 3.404 y la media 826 m.

Podemos ver una representación del perfil del río Ebro en la Graf. II,

Los datos de la longitud de los ríos y superficie de las cuencas son los dados por el M.O.P. en el año 1964. Las longitudes en línea recta se han medido en el Mapa del M.O.P. 1:1.000.000 correspondiente a la cuenca del Ebro y los que ha sido necesario completar se han determinado con curvímetro sobre el Mapa Oficial de Carreteras escala 1/400.000 del citado Ministerio de Obras Públicas. Las cotas se han tomado de los datos dados en la bibliografía, completándolas con las observadas en el Mapa Militar Itinerario de España 1:200.000.

3.- Factores geológicos

La constitución geológica de la cuenca de un río es también un factor que influye de modo definitivo en su régimen. El relieve y la geología y naturaleza del terreno, principalmente su permeabilidad y pendiente, así como sus propiedades físico-químicas, influirán de modo definitivo en el régimen de alimentación de los ríos, sobre todo en la cantidad y tamaño de sus arrastres y también en su abundancia, irregularidad y velocidad de erosión.

La más fuerte acción de las diferencias de permeabilidad de los terrenos gravita sobre la irregularidad de los ríos. Estos cuando la cantidad de agua de esorrentía sea grande, tendrán un régimen irregular, constituido por rápidas crecidas seguidas de descensos bruscos de caudal, irregularidades de circulación que pueden traer como consecuencia que se acumulen en el lodo de su cauce gran cantidad de sales que después serán fácilmente removidas por las avenidas producidas por las lluvias. Este fenómeno puede ser de gran transcendencia en determinadas circunstancias, como cuando las aguas van a parar a un embalse.

La naturaleza de los terrenos atravesados por el río, determina, conjuntamente con el relieve, la sección transversal del cauce, que tanta importancia tiene en la propagación de la onda de crecida y en la velocidad de erosión de las pendientes directamente vertientes al río.

Aunque en el capítulo 1º hacemos una somera descripción de la geología de la zona objeto de nuestro estudio, damos aquí un breve resumen de la misma, a fin de completar el estudio geológico de la zona.

En los bordes de la cubeta de Calatayud podemos encontrar terrenos intrusivos, metamórficos y pizarrosos (impermeables). Los terrenos arcillosos dominan en una amplia faja que rodea los yesos axiales de Tudela a Bujaraloz, faja que es a

su vez envuelta por los yesos, macizos y conglomerados marginales. Estas arcillas contienen capas intercaladas de calizas, pero con poco espesor.

El Ebro de Logroño a Fayón y en el Delta, el Aragón en su tramo final y el Jalón a su salida de la Sierra de Algairén, presentan las manchas aluviales más extensas de la cuenca ibérica, que constituyen terrenos muy fértiles.

El terciario presenta en la cuenca del Ebro y afectando de modo particular a este río, un gran manchón de yesos en el eje de la depresión que se siguen de modo casi continuo de Logroño a Quinto. La sierra de Alcubierre está formada por estos materiales. Entre las areniscas marginales y pertenecientes a los tramos bajos del terciario, se encuentran yesos plegados en anticlinal entre Alloz y Tafalla y luego de Barbastro a Calaf; constituyen estrechas fajas, cortada la primera por el Ara y la segunda por el Cinca, Noguera Ribagorzana y Segre.

La cabecera del Ebro y sus afluentes izquierdos, se hallan en zonas de calizas dominantes, principalmente del mesozoico, con algo de terciario en el centro del valle hacia el final del tramo superior; el Zadorra presenta un episodio detrítico cuaternario en los llanos de Victoria.

Prescindiendo del detalle verdaderamente complicado de la geología pirenaica, podemos sentar, de acuerdo con todos los autores, que el Pirineo muestra, a lo largo de su arista divisoria, desde el Mediterráneo a Canfranc, un complejo primario constituido por pizarras silúricas y calizas devonianas principalmente, que pasan a calizas cristalinas y mármóles en las aureolas de las extensas manchas intrusivas graníticas; por el sur, estos terrenos se hallan franqueados por el secundario, con gran extensión de las calizas cretácicas, que de Canfranc al Oeste, substituyen en la divisoria a las formaciones primarias, que se hallan más al norte atravesadas por los cursos descendentes de la vertiente septentrional. También en

un pequeño espacio, en el Monte Perdido, el cretácico es asiento de la divisoria de las aguas.

La faja cretácica que del Adi a Canfranc aproximadamente constituye la línea de las cumbres, continúa hacia el Este siendo cortada transversalmente por los cursos descendentes llegando casi hasta la cabecera del Llobregat.

Más al sur, la faja cretácica secundaria es sustituida por el terciario más o menos detrítico, que al Este del Llobregat entra en contacto directo con el primario.

Una complicación tectónica que hace aflorar de nuevo el Secundario más al Sur, constituyendo las grandes alineaciones paralelas a la cadena pirenaica que son el Montsech, los montes de Ribagorza, la Sierra de Guara y la Sierra de la Peña, determina la formación del valle longitudinal prepirenaico que tanta influencia ha tenido en el trazado del Aragón.

La epigenia, posiblemente, ha permitido a los ríos, en diversos casos, burlar la estructura geológica y así cortar los altos murallones secundarios levantados en anticlinal y pliegues-fallas entre el Terciario, por medio de hoces profundísimas y soberbias que las aguas atraviesan en rápidos vertiginosos.

La distribución de las facies en toda la cuenca, queda con esto indicada en sus rasgos generales.

4.- Factores bióticos

Consideramos como tales la vegetación y la actividad humana. Ambos son factores de bastante importancia en relación con el régimen de los cursos fluviales.

La elevada precipitación de que gozan las cabeceras del norte de la Península, hace que en la zona inicial del Ebro, el suelo se presente con abundante vegetación arbórea, arbustiva

y herbácea que además de coadyuvar a la regulación del régimen del río, determinará la parquedad en los arrastres.

Como en la cabecera del Ebro la lluviosidad descien- de prontamente y como además depende del caudal del río una buena parte del riego de la amplia cuenca aragonesa, son muy diversas las obras hidráulicas construidas sobre el curso de esta importante arteria fluvial.

Según el Catálogo Oficial de las Presas de Embalse, publicado por la Dirección General de Obras Hidráulicas del Ministerio de Obras Públicas, la Confederación Hidrográfica del Ebro, tiene instaladas sobre el río caudal y sus afluentes un total de 61 presas de embalse de altura superior a los 15 metros.

Por otra parte, para poner en regadío grandes extensiones de terreno de la cuenca del Ebro, se han realizado tantas y tan grandes obras, que si bien no se ha llegado todavía a la regulación de sus cursos de agua, el régimen, sobre todo de los ríos de poco caudal, aparece ya fuertemente afectado.

Las principales obras hidráulicas construidas sobre los ríos estudiados, son las siguientes:

Sobre el Ebro:

Embalse del Ebro, junto al pueblo de Arroyo, provincia de Santander. Es un embalse de regulación, destinado a influir decisivamente sobre el régimen del río. Fue terminado en el año 1945 y tiene una capacidad de $540,0 \text{ Hm}^3$, que se almacenan en el valle de La Virga y en el del Ebro hasta cerca de Reinosa. Está destinado al riego y a la producción de energía eléctrica.

Destinadas exclusivamente a la producción de energía eléctrica tenemos las siguientes presas:

Presa de Cereceda, (central: Trespaderne), en el término municipal de Oña, provincia de Burgos, que funciona desde

1947. Tiene un embalse con capacidad igual a $1,2 \text{ Hm}^3$ y una potencia de 15.200 KW.

Presa de Sobrón, situada en los términos municipales de Bergüenda y Bozóo en el límite entre las provincias de Alava y Burgos. Funciona desde 1960, tiene una capacidad de embalse de $20,1 \text{ Hm}^3$ y una potencia de 27.000 KW.

Presa de Flix, en el término municipal del mismo nombre, provincia de Tarragona, terminada en 1947, con una capacidad de embalse de $11,4 \text{ Hm}^3$ y una potencia de 42.500 KW.

Las tres son de propiedad particular.

En el tramo final están:

Presa de Mequinenza, en la provincia de Zaragoza, inaugurada en el año 1963 y que todavía no está en pleno funcionamiento.

Presa de Ribarroja, en construcción, que en unión de las de Mequinenza y Flix constituirá la red de aprovechamientos hidroeléctricos del bajo Ebro, complementarios de los de la cuenca del Noguera Ribagorzana en el Alto Pirineo. Como el Noguera Ribagorzana ofrece su mayor caudal a partir del deshielo de las cumbres pirenaicas en las primaveras, y en cambio el Ebro es en invierno cuando más crecido va por efecto de las lluvias, la interconexión entre uno y otro sistema, el del Ribagorzana, prácticamente concluido y el del Ebro, en construcción, aseguran la continuidad del suministro, tanto a la red nacional como a la de Francia.

Finalmente existen varios canales destinados al riego que se separan del río sin trabajos previos de regularización, aprovechando el módulo del Ebro elevado aún en época estival. Son los principales:

Canal de Lodosa, que toma sus aguas del Ebro mediante un azud de derivación próximo al pueblo que le da su nombre.

Tiene una longitud de 128 kilómetros en la margen derecha del río y riega una superficie de 25.000 Ha; posee capacidad para un caudal de 22 m^3 por segundo y su construcción, iniciada en 1915, se terminó en 1935, comenzando a prestar servicio inmediatamente.

Canal de Tauste, que toma sus aguas del Ebro un poco más abajo de Tudela (cerca del pueblo navarro de Cabanillas) y va por la margen izquierda, durante 45 kilómetros hasta Cabañas, aguas arriba del Jalón. Su dotación es de 6.000 litros por segundo y posee una zona regable de 9.000 Ha en los términos de Cabanillas, Fustillana y Tauste, más algunas porciones de Pradilla y Remolinos. Debe su nombre a la gran influencia que la villa tuvo en su construcción. Comenzó en 1252 por ser una acequia sacada del Ebro por las villas de Fustillana y Cabanillas; en 1529 se prolongó y ensanchó, pasando en 1781 a formar parte del proyecto del Canal Imperial de Aragón.

Canal Imperial de Aragón, que debe su nombre a haber sido concedido para el riego y construido en tiempos de Carlos I de España y V de Alemania, aunque el trazado actual y obras fundamentales datan del siglo XVIII en tiempos de Carlos III. Las aguas son derivadas del Ebro por su margen derecha en el lugar llamado "El Bocal", aguas abajo de Tudela. La longitud del canal es de 112 Km. y su caudal varía entre los 15 y $35 \text{ m}^3/\text{s}$, según el nivel del río; sus aguas riegan 28.000 Ha y abastecen varios núcleos urbanos entre ellos Zaragoza.

En 1786 circularon por primera vez por él embarcaciones hasta Zaragoza, siendo navegable para buques de hasta 100 Tm. De entonces acá la función de transporte del mismo ha quedado casi anulada, en parte por el auge del ferrocarril y del automóvil, y, en parte, por las numerosas averías producidas en los tramos situados aguas abajo de Zaragoza por la acción perniciosa de los terrenos yesíferos. A partir del Km 85, el canal deja de ser navegable y nunca lleva un caudal superior a los $4 \text{ m}^3/\text{s}$.

Riegos del Bajo Aragón, que derivan las aguas del Ebro más abajo de Zaragoza en la presa de Pina. Por la margen izquierda, la acequia de Pina, y por la margen derecha las de Quinto y Fuentes, para el riego de los términos de el Burgo, Quinto y Fuentes.

Sobre el río ARAGON tenemos:

Embalse de Yesa, en el término municipal de Yesa, provincia de Navarra, terminado en el año 1959. Es propiedad del Estado, tiene una capacidad de embalse de 470,0 Hm³ y está destinado al riego y a la producción de energía eléctrica.

Canal de Las Bárdenas, que toma sus aguas del río Aragón, junto al pueblo de Yesa (Navarra), donde está emplazado el embalse del mismo nombre que almacena las aguas de que ha de surtirle aquél. Enriquece extraordinariamente la comarca de Cinco Villas, país de aluvión, de fertilidad asombrosa, pero escasísimo de agua.

Acequia de Jaca, destinada al riego de 832 Ha y a surtir de agua a la población de su nombre, toma aguas del río Aragón, tiene 17 kilómetros de recorrido y una dotación normal de 1.250 litros por segundo.

El NOGUERA RIBAGORZANA, es el único río español explotado en toda su cuenca para la producción de energía eléctrica. Sobre su curso se encuentran los siguientes embalses:

Embalse de Escales, en los términos municipales de Esplugas y Sopeira, provincias de Lérida y Huesca. Funciona desde 1955, tiene una capacidad de 157,8 Hm³ y su presa, de 113,00 m de altura produce una potencia de 36.000 KW.

Embalse de Sopeira, en el término municipal del mismo nombre, provincia de Huesca. Se terminó en 1957. Su capacidad de embalse es relativamente pequeña, pero tiene instalada una potencia de 44.800 KW.

Embalse de Canelles, sito en el término municipal de Estopiñán, provincia de Huesca. Terminado en 1960 y con una capacidad de embalse de $716,0 \text{ Hm}^3$, produce una energía de 107.000 KW.

Embalse de Santa Ana, en el término municipal de Castillonroy, provincia de Huesca. Funciona desde 1960, tiene una capacidad de $204,9 \text{ Hm}^3$ y está destinado al riego, producción de energía eléctrica y abastecimientos. Tiene instalada una potencia de 30.400 KW.

De todos estos embalses sólo el último pertenece al Estado, siendo los tres primeros de propiedad particular.

Están comenzadas las obras destinadas a la construcción de un canal de enlace de 6 kilómetros de longitud con capacidad para $26 \text{ m}^3/\text{s}$, que llevará las aguas del río, reguladas en el embalse de Santa Ana, al canal de Aragón y Cataluña. Este canal empezó ya a prestar servicio en el año 1905, pero las aportaciones del río Esera, previamente regulado en el embalse de Barasona, son insuficientes para satisfacer las necesidades de agua de las 95.000 Ha que constituyen la zona regable.

En el río CINCA tenemos:

Embalse de Mediano, en el término municipal del mismo nombre, provincia de Huesca. Terminado en 1960 y con capacidad para $313,0 \text{ Hm}^3$, está destinado a riegos y a producción de energía eléctrica.

Y en construcción, el Embalse de Grado, sito en el término municipal del mismo nombre, destinado también a riegos y a producción de energía eléctrica. Su capacidad será de $400,0 \text{ Hm}^3$ y su terminación está proyectada para 1965.

También está proyectado sobre este río el Canal de Grado, que derivará del embalse citado anteriormente, con capacidad para $70 \text{ m}^3/\text{s}$ y después de haber regado 50.000 Ha y recorrido 98

kilómetros se injertará en el canal de Monegros aguas arriba del acueducto de Tardienta. El canal de Monegros constituye la arteria principal por la que las aguas de los ríos Gállego y Cinca serán conducidas con objeto de regar una zona de 150.000 hectáreas.

Elementos de régimen.

Vamos a considerar los siguientes elementos de régimen que nos ayuden a definir los ríos que estudiamos. Sentimos no poseer datos suficientes para calcular el coeficiente de esco-rrentía, ya que estimamos éste como un elemento valioso para el conocimiento de la cuenca.

El régimen de las aguas del Ebro es función del de los afluentes que lo alimentan y sólo en parte se hacen sentir en el mismo las aguas de cabecera. Los afluentes izquierdos son los más caudalosos y los que, por tanto, influyen de modo más decisivo en su régimen. Pertenecen a la alta montaña pirenaica o a la montaña media prepirenaica y cántabra.

Los ríos pirenaicos: Arga, Aragón, Gállego y Cinca-Se-gre corresponden a tipo de régimen nival y nival de transición, que en el llano pasa a nivo-pluvial.

Los ríos cántabros, el Ega y los otros afluentes iz-quierdos hasta el nacimiento del Ebro, poseen régimen pluvio-nival oceánico.

Los afluentes de la derecha son poco conocidos por su funcionalismo. En su conjunto ejercen escasa influencia en el régimen del Ebro, por cuanto su caudal es escaso.

a) - Variación estacional

Es éste el factor más importante entre los de un régi-men fluvial por ser el que mejor determina la dinámica del río, dependiendo sobre todo del régimen de precipitaciones. Masachs-Alavedra (59) da los datos de caudales para los años comprendi-

dos entre 1912 y 1942, es decir un total de 31 años; aunque entre ellos faltan algunos valores, están bastante completos, sobre todo los referentes a la cuenca del Ebro y de ellos puede deducirse lo siguiente:

Río EBRO.

La cabecera del Ebro, así como sus afluentes catábricos hasta el Ega inclusive, se caracterizan principalmente:

1º - Por altas aguas invernales de noviembre a mayo; el caudal de estos meses extremos es cercano al modular. Presenta un pico de fecha variable, pero invernal, al que suele añadirse otro en abril, que puede ser el máximo. El primero sería atribuible a la mayor precipitación y escorrentía invernal, mientras que el segundo, que pocas veces aparece correspondido en las curvas de precipitación, debe ser en parte, atribuido a la fusión ya muy importante en este mes, cuyos últimos restos mantienen todavía mayo alrededor del valor modular.

2º - Por aguas bajas de verano, con valores muy profundos del caudal de agosto que ostenta en general, el valor mínimo del año. Este valor mínimo no suele llegar en ningún caso a 1/4 del módulo y no puede ser interpretado como indicio de estiajes graves, sino más bien como contraste con las altas aguas invernales que son muy abundantes.

El río Ebro hasta esta zona posee régimen pluvio-nival, oceánico puro en sus primeros kilómetros y después algo matizado.

En Zaragoza vuelve a sentirse de nuevo más fuerte la acción de la fusión y el máximo de febrero en Miranda pasa a marzo, con un valor de abril también elevado y de mayo alrededor del módulo; los afluentes logroñeses con su máximo en marzo y el Aragón con análogo régimen en su desembocadura, pueden

ser considerados como causantes de este desplazamiento del máximo de invierno a primavera. La fuerte evaporación por otra parte, es quizá la causa de que el módulo de mayo no alcance valores algo mayores, comparables con los que presenta en los afluentes de cabecera.

En Flix no pasan desapercibidas las altas aguas de abril, mayo y junio del Gállego y Segre. El máximo de marzo se mantiene. Abril, mayo y junio muestran coeficientes elevados y hay tendencia a formar un pico supletorio, poco separado del principal de marzo. Junio pasa a alcanzar el módulo habiendo permanecido en las anteriores estaciones siempre inferior a él.

Una tendencia que se observa ya en Zaragoza y aguas abajo, es la constitución de una ligera inflexión cóncava de la curva en enero, lo que puede ser reflejo de los fuertes estiajes que en dicho mes presentan los afluentes pirenaicos a causa de la retención nival.

En cuanto a las variaciones estacionales, los distintos puntos del Ebro evidencian una complejidad creciente en función de su alejamiento de cabecera.

En Arroyo, con 518 Km² de cuenca vertiente, el régimen es de tipo pluvio-nival oceánico, como los del Arga, del Ega, del Irati.

En Miranda se simplifica el régimen de las aguas al disminuir fuertemente el factor nival, por lo que las aguas de fusión (abril) disminuyen claramente y en consecuencia solo se observan altas aguas de invierno y bajas de verano, sin pico alguno de primavera.

En Zaragoza se siente de nuevo el efecto de la fusión de la nieve de la cabecera de los afluentes y el máximo pluvial de febrero pasa a marzo, posiblemente a causa de la influencia de los afluentes logroñeses y del Aragón.

En Tortosa, las altas aguas de abril, mayo y junio del sistema Cinca-Segre animan el cuadro de circulación media de las aguas del colector, dibujando un pico de mayo en la curva de coeficientes de caudal. El máximo de marzo se mantiene a favor del caudal que el río trae ya del tramo medio. Enero además presenta una clara inflexión, reflejo seguro de los estiajes de retención invernal pirenaicos.

Así el Ebro en su tramo final, presenta un régimen ciertamente accidentado en el que se conjugan las aguas pluvionivales oceánicas de cabecera con las nivo-pluviales de los grandes afluentes pirenaicos catalano-aragoneses.

En relación con los años estudiados por nosotros, encontramos para los caudales medios mensuales los valores dados en la TABLA 6.

En el año 1961-62 (Graf. III a) nos encontramos en Miranda del Ebro que los máximos caudales se encuentran en noviembre y febrero, estando la zona de aguas altas comprendida entre noviembre y abril con un mínimo en diciembre, ligeramente inferior al valor modular.

Las aguas bajas las encontramos entre mayo y septiembre, presentándose el mínimo absoluto en el mes de junio.

En el año 1962-63 la zona de aguas altas está comprendida entre los meses de diciembre y abril con dos máximos muy caracterizados en este primer mes y en marzo.

Con respecto a las aguas bajas nos encontramos que van desde mayo a agosto, ya que el mes de septiembre presenta un valor ligeramente superior al modular. El mínimo absoluto lo presenta, como el año anterior el mes de junio.

En Zaragoza (Graf. III b) en los dos años que estudiamos nos encontramos con que las aguas altas de invierno se presentan de noviembre a abril, con dos máximos muy caracteri-

zados en noviembre y marzo habiéndose desplazado el segundo máximo con relación a Miranda un mes.

Las aguas bajas de verano, con valores muy inferiores al modular, se presentan desde mayo a septiembre con el mínimo absoluto en agosto. Este mínimo se ha desplazado en dos meses con relación a la estación anterior.

En el año 1962-63 van las aguas altas desde diciembre hasta abril con valores absolutos muy inferiores a los del año anterior, encontrando los dos máximos absolutos en enero y abril. Los valores inferiores a la media se encuentran además de en octubre y noviembre desde mayo a septiembre con el mínimo absoluto en julio.

En Flix, en el primer año, nos encontramos tres máximos en noviembre, enero y marzo (Graf. III c), siendo el absoluto el de éste último mes. El mínimo se encuentra en agosto.

En el segundo año nos encontramos con dos máximos en enero y abril y el mínimo absoluto en julio, estando tanto unos como otros menos definidos que en año anterior.

Afluentes pirenaicos.

Presentan todos ellos un tipo de régimen con dos máximos en primavera y otoño y dos mínimos en invierno y verano. El máximo de primavera es fuertemente dominante y se halla tanto más desplazado hacia el verano, cuanto más alta es la cabecera. El pico de otoño es reducido. El primero de los mínimos es debido a la retención en forma nívea en la cabecera.

Pertenecen al tipo nival y al nival de transición en varias altas cabeceras que pasa nivo-pluvial una vez ya en el llano.

A este grupo pertenecen el Aragón, el Noguera Ribagor^zana y el Cinca, de los que poseemos datos de aforo en Jaca, La

Piñana y Fraga respectivamente, que son los que figuran en la ya citada TABLA 6.

Con respecto al río Aragón en Jaca, (Graf. IV a), la zona de aguas altas va, en el año 1961-62, desde noviembre a junio, presentándonos este intervalo cuatro máximos, dos relativos en noviembre y enero y dos absolutos en marzo y mayo y un mínimo con un valor que es la tercera parte del modular en febrero. El mínimo absoluto se presenta en septiembre.

En el año 1962-63 las aguas altas se presentan de abril a agosto con un máximo extraordinario en el mes de junio. Las aguas bajas se presentan de octubre a marzo (además del mes de septiembre) con dos mínimos en octubre y febrero.

Este río lo podemos considerar como un ejemplo típico de alimentación nival.

En la Piñana, el Noguera Ribagorzana (Graf. IV b) nos presenta un máximo absoluto en el mes de mayo y dos relativos en los meses de julio y marzo. Los mínimos se presentaron en este primer año en los meses de octubre, noviembre, agosto y septiembre.

En el segundo año, el máximo absoluto se presenta en marzo, apareciendo otro relativo en agosto. El mínimo se presenta en los meses de junio y julio.

El Cinca en Fraga (Graf. IV c) presenta en el año 1961-62 tres máximos en noviembre, enero y marzo, siendo éste último el absoluto, y otro máximo relativo en junio. El mínimo se presenta en el mes de agosto. En el año 1962-63 se presentan los máximos en enero, abril y agosto, con otro relativo en junio. El mínimo absoluto se presenta en el mes de diciembre.

Si comparamos todo lo dicho anteriormente (Grafs. III y IV) con las cantidades de agua caída en esta cuenca du-

rante los años considerados (Graf. I) se deduce fácilmente a que tipo de alimentación corresponden estos rios y la influencia que los aportes laterales ejercen sobre la red principal.

Los datos de caudales se encuentran en la TABLA 6, como ya hemos indicado, y damos tambien en la TABLA 7 las diferencias entre el caudal medio mensual y el módulo anual en cada punto; con estos datos se han construido las Gráficas III y IV.

b) - Abundancia media e irregularidad

Definimos la abundancia como la cantidad de agua, en valor medio, de un largo periodo de años, que lleva un curso en determinado punto. Depende de las precipitaciones y de la extensión de la cuenca. Se llama tambien módulo y puede expresarse de dos maneras:

1º- Como abundancia absoluta o módulo absoluto y entonces viene dada en m^3/s , (Q), y

2º- Como abundancia relativa o módulo relativo, que es el número de litros que cada kilómetro cuadrado de la cuenca vertiente escurre por termino medio durante el periodo considerado. Se expresa en l/km^2 (Qr).

La irregularidad la expresamos en forma de coeficiente de irregularidad, que se obtiene dividiendo el caudal anual máximo del periodo considerado, por el caudal anual mínimo del mismo (I), o bien para cada año en forma de irregularidad intermensual (Im). Esta se obtendrá dividiendo el caudal mensual máximo por el mínimo.

Respecto a estas magnitudes, la cuenca del Ebro es una de las mejor definidas y conocidas, pues es de las que se poseen más datos.

En su cabecera puede observarse que a un notable aumen

to de superficie no sigue una disminución proporcionada del módulo relativo, sino que éste se mantiene siempre entre límites poco alejados. Dada la superficie de la cuenca, el módulo del Ebro en Miranda, que alcanza el valor de 81,63 para los años comprendidos entre 1912 y 1942 revela una muy notable alimentación del Ebro, fuera ya de la cabecera estricta; los valores medios de sus módulos para distintos puntos son:

	Módulo absoluto		Módulo relativo
En Arroyo	11,24 m ³ /s	o sea	21,29 l/Km ²
En Miranda	81,63 "	"	15,03 "
En Zaragoza	264,49 "	"	6,58 "
En Tortosa	614,64 "	"	7,39 "

Este último valor se encuentra parecido únicamente en el Duero, en Bitetos (Portugal): 594,27 m³/s o sea 6,48 l/Km².

En los valores de los caudales relativos, expresados en litros por kilómetro cuadrado se observa una anomalía representada por el mayor valor del caudal de Tortosa frente al de Zaragoza, lo que se explica por el gran aporte del bien alimentado sistema Cinca-Segre.

La irregularidad interanual es escasa. Sus valores son bajos y corresponden a los que alcanzan en Europa Nord-occidental los cursos de régimen pluvial.

Las precipitaciones debidas a los temporales atlánticos tienen en esta zona un valor anual poco variable y son abundantes. Este carácter de constancia y abundancia, tan en contraste con las aguas mediterráneas por ejemplo, viene señalado en los pequeños valores de la irregularidad interanual que no llegan a alcanzar la cifra 4 contrastando enormemente con los exorbitantes valores mediterráneos de tres cifras o más; y en

los altos valores de la abundancia, polo opuesto también de la de los ríos mediterráneos.

Considerando el curso completo del Ebro, se aprecia un aumento contínuo del caudal absoluto desde su nacimiento hasta la desembocadura. El módulo absoluto de Tortosa es el mayor de todos los ríos peninsulares.

Estudiando los módulos relativos vemos que respecto a la abundancia se señalan en el Ebro tres regiones:

1º - De gran abundancia hasta Castejón, con aportes caudalosos de todos sus afluentes, lluviosidad no escasa y evaporación todavía no exagerada.

2º - De Castejón a Mequinenza, donde con la única excepción del Gállego, los aportes de los afluentes son muy reducidos, la lluviosidad es ínfima y la evaporación extraordinaria; es esta región de empobrecimiento del río, fenómeno acrecentado por la pendiente mínima.

3º - De Mequinenza al mar, donde recibe el aporte importantísimo del Segre, cruza la zona lluviosa de la cordille-ra prelitoral y se atempera algo la evaporación; el río alcanza en esta zona su abundancia máxima.

La irregularidad interanual es, en todas las estaciones, notablemente baja; intermedia entre la de los ríos cantábro-pirenáicos y los prepirenáicos e ibéricos, estando más próximas a la de aquéllos que a la de éstos, conforme al caudal por ellos aportado al colector.

Las irregularidades superiores a 4, de los cursos prepirenáicos y celtibéricos, apenas aparecen ya en el gran curso ibérico.

La marcha de las irregularidades a lo largo del mismo, señala una acentuación de aquellas a su paso por Zaragoza;

puede ser la causa de ésta, la falta de afluentes importantes pirenaicos en un largo tramo sometido a fuerte evaporación, es escasas lluvias de frecuencia irregular y la sangría fuerte de los canales de riego que en verano alcanzan a veces a llevar su dotación completa. La estación de Tortosa muestra, en cambio, irregularidad comparable a la cabecera, lo que se conjuga admirablemente con la influencia del Segre.

Por otra parte debemos señalar que la irregularidad del Ebro es la menor entre todas las de los cursos largos de la península en su tramo final. En virtud de su régimen cantábrico de cabecera y de su alimentación nivo-pluvial subsiguiente, es el curso más regular entre los mayores de la Península, además del más abundante.

Para los años comprendidos entre 1912 y 1942, según los datos que poseemos, las irregularidades del Ebro son:

	Nº de años	Irregularidad
Ebro en Miranda	26	2,38
Ebro en Zaragoza	28	4,09
Ebro en Tortosa	24	2,92

Según los datos suministrados por el M.O.P. los módulos absolutos y relativos de los ríos estudiados en el número de años que se especifica son los siguientes:

TABLA 8

Río	Estación	Nº de años	Módulo absoluto	Módulo relativo
Ebro	Miranda	15	55,4	10
Ebro	Zaragoza	15	251,0	6,2
Ebro	Flix	15	466,0	5,7

Para los años a que se refiere nuestro estudio tenemos:

T A B L A 9

Río	Estación	Año	Q	Qr	Im	I
Ebro	I	1961-62	80,6	15	7,85	
"	I	1962-63	59,4	11	6,58	1,36
"	II	1961-62	431,0	11	26,65	
"	II	1962-63	270,0	6,7	6,20	1,60
"	III	1961-62	685,0	8,3	9,75	
"	III	1962-63	574,0	7,0	3,06	1,19

en la cual, como ya hemos visto (pág. 36), Q es el módulo absoluto; Qr el módulo relativo; Im la irregularidad intermensual e I el coeficiente de irregularidad.

Afluentes pirenaicos.

Tienen como factor común su origen en la alta arista pirenaica con nieves de gran persistencia.

Presentan una abundancia muy elevada, la máxima de la Península en pequeñas superficies de cabecera, sólo algo menor que la de los ríos cantabro-galaicos en grandes superficies

Su irregularidad interanual es mínima entre las peninsulares, sin alcanzar el valor 3, oscilando frecuentemente alrededor de 2; estos valores reconocen como factor principal la nieve, que lo mismo en cantidad que en permanencia, tiene en los Pirineos su representación máxima.

Estos ríos son, pues, entre los de la Península, los que presentan caudales menos discrepantes de un año para otro.

Según los datos del M.O.P., los valores de las abundancias absolutas y relativas para estos ríos son:

T A B L A 10

Río	Estación	Nº de años	Q	Qr
Aragón	Jaca	20	7,64	32
Noguera Ribagorzana	La Piñana	8	24,8	14
Cinca	Fraga	22	79,9	8,4

En los años a que se refiere nuestro estudio:

T A B L A 11

Río	Estación	Año	Q	Qr	Im	I
Aragón	IV	1961-62	9,39	39	8,72	
"	IV	1962-63	9,53	40	12,90	1,01
Noguera Ribagorzana	V	1961-62	33,8	19	5,83	
"	V	1962-63	14,5	8,2	4,33	2,33
Cinca	VI	1961-62	119,3	12,0	26,10	
"	VI	1962-63	102,3	11	7,81	1,17

c) - Crecidas y estiajes

Representan un elemento más particular que los anteriores, ya que además de las precipitaciones, la forma de la cuenca y la altitud de la misma, influyen en él su geología y su población vegetal.

Además de la irregularidad ya indicada, el Ebro experimenta crecidas y estiajes que matizan fuertemente su circulación.

La máxima frecuencia de las crecidas del Ebro tiene lugar a todo lo largo de su curso, durante la estación fría, de octubre a marzo y se prolonga a lo largo de esta época hasta mayo inclusive, en el tramo final del río.

Por lo que conocemos del régimen de cabecera de este río, las crecidas de la estación fría, siempre algo más acentuadas a su principio y terminación, son propias de su filiación oceánica; la prolongación en el tramo final del Ebro de la época de grandes crecidas hasta el mes de mayo, señala la influencia de las crecidas de fusión de los grandes afluentes pirenaicos.

Las mayores crecidas del Ebro que se recuerdan fueron: la de 1617; la de 9 de octubre de 1787 que con sus 16 metros sobre el estiaje en Cherta, es la mayor de las registradas y causó 85 víctimas en Tortosa; la de 1875; la de 1880, y la del 23 de octubre de 1907 que causó también grandes destrozos y algunas víctimas. La crecida inundación de 1907, así como la de 1617 y algunas otras no tienen, sin embargo, origen atlántico ni de fusión, sino mediterráneo y afectan al Ebro sólo en su tramo final y al sistema Cinca-Segre además de a los cursos fluviales catalano-mediterráneos.

Los estiajes tienen en el Ebro fecha estival. En Miranda tienen lugar indistintamente de Julio a octubre, si bien con preferencia en agosto y septiembre. En Tortosa la época de los grandes estiajes se limita más y se reduce a la segunda quincena de agosto y primeros días de septiembre.

El Ebro sufre a veces estiajes muy profundos, cuando se presenta una adecuada conjunción meteorológica. Son notables: el de fines de agosto de 1929, que a su paso por Miran

da presentaba el módulo de $4,525 \text{ m}^3/\text{s}$ y en Tortosa el de $33,800 \text{ m}^3/\text{s}$; y el de 1949, en el cual estos ya pequeños valores fueron todavía rebajados.

Sin embargo estos estiajes son excepcionales. Los normales son de $16,90 \text{ m}^3/\text{s}$ en Miranda, valores que se confunden con los mínimos semipermanentes, que representan aproximadamente $1/4,5$ y $1/5$ del módulo de las respectivas estaciones.

Afluentes pirenaicos.

Presentan crecidas y estiajes de primavera-otoño y verano-invierno respectivamente. Crecidas y estiajes ambos muy acusados; las primeras siempre entre las más potentes de la Península y los segundos sin llegar más que muy raramente a la cifra $0,00 \text{ m}^3/\text{s}$, contrastan de modo formidable con los bien alimentados módulos de los ríos.

Los máximos y mínimos absolutos diarios en los dos años que estudiamos, están reflejados en la TABLA 12

T A B L A 12

Río	Estación	Año	Máximo m^3/s	Fecha	Mínimo m^3/s	Fecha
Ebro	I	1961-62	943,0	13-Nov.	8,4	9-Nov.
"	I	1962-63	801,0	17-Nov.	9,8	8-Nov.
"	II	1961-62	2440,0	16-Nov.	27,0	16-Ag.
"	II	1962-63	2250,0	20-Dic.	23,0	24-Jul.
"	III	1961-62	2370,0	(30-Nov.) (2-Dic.)	58,0	12-Sep.
"	III	1962-63	1805,0	21-Dic.	155,0	25-Jul.
Aragón	IV	1961-62	84,0	31-Mar.	0,0	5-Ag. y S.
"	IV	1962-63	55,1	12-Jul.	0,28	5-Oct.
Noguera R.	V	1961-62	210,0	15-May.	6,0	15-Ag.
"	V	1962-63	52,9	12-Ag.	4,1	5-Jun.
Cinca	VI	1961-62	999,0	10-Mar.	4,5	31-Ag.
"	VI	1962-63	1040,0	3-Ag.	7,9	5-Oct.

Con las diferencias entre la cantidad mensual de lluvia caída en la cuenca (expresada en millones de metros cúbicos) y el valor medio mensual del año y las diferencias entre los valores de las aportaciones mensuales (en Hm^3) y la media mensual del año en la estación de Flix se ha construido la Gráf. V.

Los valores figuran en la TABLA 13.

d) - Transportes sólidos

Dos formas tienen las corrientes de transportar los materiales sólidos: por arrastre y por suspensión. Sólo consideramos la segunda ya que el cálculo de los arrastres no podemos abordarlo en este trabajo.

Hemos determinado la materia en suspensión tomando la muestra por simple inmersión de la botella. Sabemos de los errores que se introducen al hacer esta operación sin aparatos especiales de recogida de muestras, a los que se suman los que introduce el que la muestra se tome sin fecha fija, a lo largo del mes, aunque se procura que sea siempre en la primera quincena del mismo. Por lo tanto, estas cifras no las podemos considerar como absolutas, aunque sí indicativas de un orden. Si las damos aquí es porque al no existir ningún dato en la literatura científica a este respecto, las consideramos como interesantes.

Por otra parte, las TABLAS 14 y 15 en las que figuran la fecha de tomas de muestras, el caudal medio de ese día y la materia en suspensión de la muestra en mg/l , nos indican la imposibilidad de hacer una extrapolación de las variables caudal-materia en suspensión. En efecto, si consideramos la muestra I, por ejemplo, nos encontramos que a caudales de 11,8; 32,1 y $61,7 \text{ m}^3/\text{s}$, les corresponden 10, 14 y $9,2 \text{ mg/l}$ de materia en suspensión. Y esto es lógico porque el aporte sólido depende de muchos factores, entre ellos de la época del año (terrenos secos o húmedos), zona en que se

producen las lluvias, intensidad de los aguaceros, pendientes del río y otros muchos que hacen que no se pueda controlar este aporte.

Este apartado es muy interesante también por la influencia que tiene sobre la conservación del suelo, ya que si es cierto tarda en formarse cientos de años, su destrucción puede realizarse en muy pocos, causando graves e irreparables pérdidas.

Las aportaciones mensuales, totales y medias de cada uno de los ríos en las distintas estaciones pueden verse en la TABLA 16.

Según los cálculos realizados tomando como base estos datos, podemos afirmar que el total de materia en suspensión transportada por los ríos, depende en gran parte de la irregularidad de las precipitaciones, como se puede deducir de la observación de la tabla que figura a continuación:

T A B L A 17

Río	Estación	Año	Materia en suspensión Tm. por año
Ebro	I	1961-62	83.800
"	"	1962-63	21.000
"	II	1961-62	2.682.000
"	II	1962-63	3.361.000
"	III	1961-62	3.240.000
"	III	1962-63	1.370.000
Aragón	IV	1961-62	4.410
"	IV	1962-63	2.265
Noguera	V	1961-62	17.240
Ribagorzana	V	1962-63	5.575
Cinca	VI	1961-62	206.200
"	VI	1962-63	1.940.000

En ella comprobamos que es mucho mayor la cantidad de materia en suspensión transportada por los ríos en el primer año en el cual fué mucho mayor la irregularidad de las precipitaciones, aunque la cantidad total de agua caída en la cuenca, fué menor que la correspondiente al segundo año en unos 300 millones de metros cúbicos.

Se exceptúan, sin embargo, las estaciones II (Ebro en Zaragoza) y VI (Cinca en Fraga), en las cuales los ríos transportaron mayores cantidades de materia en suspensión durante el año hidrológico 1962-63.

Consideremos también aquí el coeficiente de suspensión propuesto por Catalán (14) que expresa en mg/l/Km, el incremento de materia en suspensión que experimenta el río. Es natural que no podamos dar unos coeficientes definitivos, sino que solamente debemos considerarlos como valores indicativos, sujetos a confirmación cuando llevemos por lo menos diez años de análisis de las aguas en las estaciones de muestreo que consideramos.

Los valores de los coeficientes, así como las medias de materia en suspensión transportada por las aguas de las distintas estaciones figuran en la TABLA 18.

T A B L A 18

Río	Estación	Materia en suspensión mg/l	Coeficiente de suspensión
Ebro	I	22,7	0,111
"	II	297	0,84
"	III	113	-0,69
Aragón	IV	11,2	0,37
Noguera Ribagorzana	V	14,2	0,22
Cinca	VI	213	1,34

De la observación de la misma se deduce que existe una marcada influencia a lo largo del río Ebro, de la red de afluentes pirenaicos, que adquieren su materia en suspensión al entrar en el valle principal.

En efecto, tanto la materia en suspensión como los coeficientes del Ebro no nos reflejan la erosión total que el mismo ejerce y ello es debido al efecto diluyente de los afluentes. La materia en suspensión media de los dos años en las estaciones de muestreo consideradas, sufre un incremento notable entre Miranda y Zaragoza pasando de 22,7 a 297 mg/l, aunque este aumento no nos resulta suficientemente indicativo de los efectos de la erosión real del río, según hemos indicado anteriormente. Entre Zaragoza y Flix hay una disminución de la materia en suspensión, dándonos un coeficiente negativo (-0,69). En este tramo se manifiesta aún más intensamente el efecto diluyente de los afluentes pirenaicos, a pesar de que el Cinca en Fraga presenta un coeficiente de suspensión de 1,34, que dada la longitud del río corresponde a 213 mg/l de materia en suspensión, valor sólo superado por el encontrado en Zaragoza.

CAPITULO 3º

SALES SOLUBLES

Los componentes químicos que se encuentran disueltos en el agua que circula por la tierra, ya sea superficial o subterránea, tienen su origen fundamentalmente en la acción disolutiva que estas aguas ejercen sobre el roquedo que atraviesan.

En el problema que nos ocupa, para establecer una relación entre la composición química del río Ebro y su paisaje geológico, se recogieron un total de 44 muestras de rocas, indicativas de diversos niveles estratigráficos representativos de la cuenca de las que se analizaron las sales solubles.

Los resultados de este análisis se encuentran en la TABLA 19 habiendo sido situados los puntos en el MAPA I.

Para la extracción de las sales solubles hemos seguido el procedimiento habitual en el Laboratorio de Química Hidrológica del C.S.I.C.

Dicho método es el siguiente: Se pulveriza la muestra hasta que pueda pasar por un tamiz de 1 mm de diámetro; después es agitada con agua destilada en la proporción 1:5 (100 gr de muestra: 500 cc de agua) durante dos horas en agitador mecánico; se deja sedimentar y posteriormente se separa el líquido por filtración y en él se determinan los iones presentes.

Situación de las muestras

- N₁ - Calizas oligocenas. Km 22 de la carretera BU - 530 Perfil Sobrón.
- N₂ - Tramo calizo del santoniense. Tono crema y gris negruzco. Poco después del Km 23 de la misma carretera (Fots. 8 y 9).
- N₃ - Areniscas ypresienses del eoceno. Km 30 de la misma carretera. Perfil Sobrón.
- N₄ - Diversas litofacies del eoceno superior. Muestra media. Km 30,200 de la misma carretera. Perfil Sobrón.

- N₅ - Ofitas verdes del Keuper en Salinas de Añana.
- N₆ - Margas del Keuper próximas a las ofitas de Salinas de Añana.
- N₇ - Margas y especialmente areniscas oligocenas. Km 31 de la carretera de Espejo a Vitoria.
- N₈ - Conglomerados del oligoceno superior. Carretera de Baños del río Tobío a Anguiano hacia el Km 121. Perfil Anguiano (Fot. 11).
- N₉ - Arcaico - Algonquico. Muestra media de filadios arcillosos verdes y negros. 1 Km después de Anguiano. Perfil Anguiano.
- N₁₀ - Esquistos de Embid, georgienses. Perfil Anguiano.
- N₁₁ - Oligoceno superior, areniscas y arcillas, facies roja de Nájera por Bobadilla. Km 111 de la carretera comarcal de Salas de los Infantes. Perfil Anguiano.
- N₁₂ - En término de Cervera del río Alhama, como a 1 Km del cruce de carreteras de Fitero a Amedo. Caliza azul muy oscura, casi negra, cristalina, dura. Liásico cretácico.
- N₁₃ - A 3 Km de la anterior y ascendiendo a lo largo del valle del río Alhama, se recogen calizas tableadas que a veces, en capitas parecen tigreadas. Liásico cretácico.
- N₁₄ - Pasado Cervera del río Alhama, calizas en capitas pequeñas que a veces pasan a microcapitas fácilmente erosionables, creándose cavernas. Cretácico.
- N₁₅ y N₁₆ - Niveles calcáreos muy fracturados y fácilmente erosionables; multitud de pequeñas cavernas. Cretácico.
- N₁₇ - Poco antes de San Felices, calizas margosas de color verde grisáceo en las que se encuentran franjas con abundante pirita y calcopirita, en ejemplares perfectos de hasta 1 cm. Cretácico.
- N₁₈ - Caliza cretácica, recogida en el Km 98 de la misma carretera de Agreda.
- N₁₉ - Caliza cretácica. Muestra recogida en el Km 99-100 de la carretera de Zaragoza a Soria antes de llegar a Agreda, inmediata al túnel.
- N₂₀ - Caliza blanca, miocena, en la Muela; Km 300.
- N₂₁ - Arenisca arcillosa miocena de La Muela.
- N₂₂ - Arcilla tableada miocena de La Muela.

- N₂₃- Cadrete. Barranco salida NE del pueblo. Yesos masivos con alguna intercalación de margas.
- N₂₄- Carretera Zaragoza-Belchite. Km 22,3. Yesos masivos y margas grises.
- N₂₅- Carretera Zaragoza-Belchite. Km. 3,0. Margas rojas, yesos y calizas grises.
- N₂₆- Carretera Quinto-Híjar. Km. 518. Margas pardas rojas, yesos y calizas grises.
- N₂₇- Calizas, nivel del Flysch, camino de las Bordas de Goñi.
- N₂₈- Calizas con microfósiles (mismo lugar que la anterior).
- N₂₉- Calizas nummulíticas en la falla de Echauri. Carretera de Pamplona a Estella por Echauri. Nummulítico. Contacto Flysch eoceno continental.
- N₃₀- Margas eocenas semejantes al Flysch entre Elizondo y Sumbilla (Navarra).
- N₃₁- Carretera Lerín-Falces, Km. 17,3. Yesos.
- N₃₂- Marga azul del eoceno. Carretera de Jaca a Pamplona. Km. 9 a la izquierda.
- N₃₃- Yeso en Caparroso.
- N₃₄- Zuera. Carretera de Zuera a Luna, Km. 2,0 Yesos y margas.
- N₃₅- Carretera de Zaragoza a Lérida, Km. 438 entre Fraga y Candasnos. Areniscas con estratificación cruzada, margas arenosas rosadas pardo rojas y margas rosadas-pardas rojas amarillo ocre.
- N₃₆- Carretera Km. 431,7 entre Fraga y Candasnos. Areniscas estratificación cruzada, margas abigarradas y yesos.
- N₃₇- Carretera Nacional nº 2, Km. 292,1 Yesos y margas yesíferas grises.
- N₃₈- Margas blancas horizontales típicas del mioceno del Ebro. Km. 30 de la carretera entre Cariñena y Belchite.
- N₃₉- Areniscas amarillentas típicas en la zona, 8 Km. antes de Caspe. Miocenas u oligocenas. (Fot. 15).
- N₄₀- Fraga en dirección a Serós. Arcillas rojas y mezcla de una capa más azulada.
- N₄₁- Litofacies con margas pizarreñas duras y yesos de varios colores. En Serós.
- N₄₂- Margas con lignitos en Mequinenza.
- N₄₃- Margas duras grises eocenas. Embalse de Arguís. (Fot. 13)
- N₄₄- Margas grises eocenas en el Embalse de la Peña.

Interpretación de los resultados.

En la TABLA 19 hemos agrupado las muestras de roca conforme a su posición estratigráfica, con objeto de conocer a grandes rasgos cuales de las litofacies que bordean la cuenca del Ebro y se insertan en ella, son capaces de suministrar mayor cantidad de iones al río. Este análisis nos da una idea geológica interesante, relacionable con la que deduciremos para las mismas muestras agrupadas a lo largo del río, que puede verse en la TABLA 20, en la cual figuran los miliequivalentes por millón de los diversos iones analizados.

Así el Arcaico y el Cámbrico, en las dos únicas muestras que tomamos, nos proporcionan la sorpresa de su relativamente elevada proporción en cloruros, sulfatos, calcio, sodio, potasio y sílice.

Las margas del Keuper recogidas en Salinas de Añana, presentan moderada proporción de cloruros y elevada de sulfatos, como si fuesen yesíferas. La sal que en la zona se explota (Fot. 10) proviene de aguas de manantial en el Keuper.

Las ofitas aparecen con un valor de cloruros superior al doble del que poseen las margas que atravesaron, pero muy inferior en sulfatos; indudablemente en tal roquedo aquel valor ha de proceder de impregnaciones cuyo origen no interesaba aquí y no determinamos.

El roquedo Liásico-Cretácico también sigue proporcionando valores interesantes de cloruros y sulfatos, mientras que los de la sílice figuran entre los bajos de las 44 muestras analizadas.

En el Cretácico y como era de esperar, dada la heterogeneidad de niveles y rocas incluidos en el mismo, aparecen valores muy variables para los distintos iones; señalaremos en primer lugar que sólo una de las siete muestras incluidas en este tramo estratigráfico, presenta carbonatos solubles. Los

valores de los cloruros, sulfatos, magnesio, sodio y potasio encontrados en las muestras N_{14} , N_{15} y N_{16} explican perfectamente el hecho anotado en el campo de la fácil erosionabilidad de tales calizas, al punto de encontrarse frecuentemente en ellas pequeñas cavernas; se nos muestra, pues, la técnica de sales solubles muy significativa y susceptible de explicar con facilidad algunos hechos geomorfológicos y geológicos.

Las calizas cretácicas que pudiéramos llamar normales (N_2 , N_{18} y N_{19}) presentan una conductividad específica menor que $250 \mu\Omega^{-1} \text{ cm}^{-1}$ y valores bajos de los cationes frente a los de las demás.

El roquedo eoceno es menos variable en su conductividad específica, que oscila entre 90 y $242 \mu\Omega^{-1} \text{ cm}^{-1}$; tiene mayor proporción de muestras con carbonatos solubles que las otras rocas antes señaladas; sus calizas no son magnesianas.

Las rocas oligocenas y miocenas son las que presentan, en conjunto, valores más elevados y significativos, de tal manera que el drenaje de las mismas por la red fluvial ha de determinar una modificación positiva en la composición química de ésta.

La excepción a esta norma la presentan las areniscas, como muestran los valores de conductividad específica menor de $170 \mu\Omega^{-1} \text{ cm}^{-1}$. Para las demás, dicha conductividad específica oscila entre 1033 y $3704 \mu\Omega^{-1} \text{ cm}^{-1}$.

Carbonatos solubles sólo los presentan seis muestras de entre las 22 analizadas, siendo por lo general las rocas detríticas las que los suministran. La máxima cantidad de bicarbonatos, del total de muestras estudiadas, corresponde a la N_{42} .

Confirmando lo señalado en relación con las calizas cretácicas para ciertos cationes, llegan a alcanzarse en éstas, valores de cloruros superiores a 600 p.p.m. en seis muestras, de las que dos llegan a 1525 y 1850 p.p.m. y otras dos a 4369 y 6180 p.p.m. (estos en arcillas y margas).

Para el magnesio, en las mismas, se llega a 374 y 1850 p.p.m. y para el sodio a 1130 y 717 p.p.m., que son los más elevados.

Capítulo aparte merecen los yesos y margas con valores de sulfatos siempre superiores a 7.000 p.p.m. y de calcio que sobrepasan las 2.500 p.p.m.

Pero además, estas rocas engloban sílice, magnesio y sodio en valores máximos de 114; 150 y 485 p.p.m. respectivamente. El potasio, en ellas, oscila grandemente entre 6,5 y 60 p.p.m.

Si relacionamos los valores con la amplitud de estas formaciones geológicas (margas yesíferas) se explica uno la dificultad de poner en cultivo los suelos sobre ellas desarrollados, el fracaso de algunos planes de regadío que no hayan tenido en cuenta esta movilización de sales, así como la estabilidad de algunas obras públicas asentadas sobre dichas litofacies (veáanse los datos de las margas lignitíferas de Mequinenza y las margas con yesos de Serós).

Desde el punto de vista geológico y geoquímico podrían caracterizarse estos tramos litológicos, además de por lo apuntado anteriormente, por su riqueza en magnesio, sodio y en algún caso potasio. Confirmando otros estudios (16) y (68), los yesos se nos presentan como roquedo fácilmente desmoronable.

Para la interpretación de la composición química de las aguas del río Ebro y sus afluentes principales en relación con la situación de las litofacies analizadas, debemos comparar los MAPAS I y III, teniendo también en cuenta los datos de la TABLA 20 en la cual hemos subrayado los valores superiores a 10 miliequivalentes por millón. Se ha elegido el mapa en el que figuran los resultados de los análisis de las aguas recogidas en el muestreo general, por ser más completo y significativo desde el punto de vista geoquímico que el bianual; debemos hacer notar que en aquel, las muestras 1 a 12 se recogieron del 18 al 20 de mayo de 1964 y de la 13 a la 20, lo fue-

ron del 7 al 9 de septiembre del mismo año.

De la observación de estos datos se ve que el río Ebro en casi toda su longitud refleja la presencia de cloruros tan frecuentes en las litofacies de la cuenca. En la cabecera, los ríos de la margen izquierda son normalmente más ricos en este ión que los de la derecha, pero más pobres en sulfatos que éstos, notándose su presencia e incremento hasta Mequinenza, como consecuencia sin duda, del drenaje de las litofacies terciarias, siendo el río Cállego el que más influye en el incremento de estos iones (cloruros y sulfatos).

La composición del Jalón en Alagón, la del Gállego por Zaragoza, la del Alcanadre antes de confluir con el Cinca y las indicadas del Ebro en Caspe y Mequinenza, apoyan lo dicho anteriormente sobre el papel del roquedo terciario como aportador de sulfatos y cloruros.

CAPITULO 4º

COMPOSICION QUIMICA MEDIA DE LAS AGUAS EN LAS ESTACIONES ESTU- DIADAS: COEFICIENTES Y RELACIONES IONICAS

Se han hecho los análisis químicos de las muestras, tomadas en las estaciones prefijadas, habiéndose realizado las determinaciones siguientes:

Residuo fijo a 110°C (R)

Conductividad específica (Cp)

Bicarbonatos

Carbonatos

Cloruros

Sulfatos

Sílice

Calcio

Magnesio

Sodio

Potasio

Materia orgánica

Dureza total (D.T.)

Dureza temporal (D.t.)

Dureza permanente (D.p)

pH

Materia en suspensión (M_s)

También, en el muestreo general, se han realizado todas las determinaciones anteriormente citadas, además de las del oxígeno disuelto.

Las técnicas empleadas han sido las habituales en el Laboratorio de Química Hidrológica. La materia en suspensión y el residuo fijo a 110°C se expresan en mg/l; la conductividad específica en $\mu\Omega^{-1}$ por cm^{-1} ; los bicarbonatos, carbonatos, cloruros, sulfatos, calcio, magnesio, sodio y potasio en mg/l del ión correspondiente; la sílice en mg/l de SiO_2 ; la materia orgánica en mg/l de oxígeno necesarios para su oxidación; y las durezas en grados franceses.

Para el estudio de los ríos en las estaciones I, II, III, IV, V y VI, se ha realizado el muestreo mensualmente, durante dos años, figurando los resultados en las TABLAS 21-38; asimismo los resultados de los análisis de las aguas del muestreo general, del que se tomó una sola muestra en cada punto, figuran junto con las fechas de recogida de las mismas en las TABLAS 39 y 40.

Con los datos hallados en el muestreo bianual hemos calculado las relaciones, porcentajes, índices y coeficientes que figuran en las TABLAS 41, 42 y 43 y en las Figs. VI y VII se hace la representación gráfica de su composición química media, según los datos que figuran en las tablas 44 y 45.

La Gráf. VI es la representación propuesta por Collin. En ella cada punto está representado por 4 barras; en la primera figuran los cationes en miliequivalentes por litro; en la segunda los aniones, también en miliequivalentes por litro; en la tercera, la sílice, expresada en la parte inferior en miliequivalentes por litro de ión SiO_3^- y en la superior, en miligramos por litro de SiO_2 ; la cuarta se refiere a la dureza permanente, expresada en grados franceses.

En la Gráf. VII puede verse el porcentaje de cada uno de los iones. Los radios de los círculos son proporcionales a la cantidad total de miliequivalentes por litro.

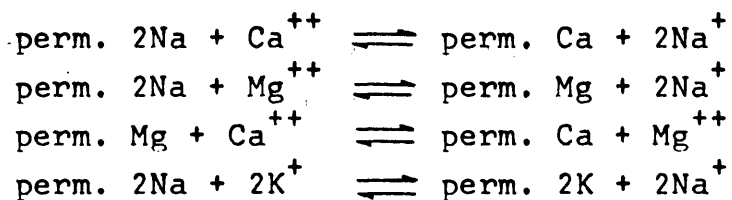
Por otra parte, pueden sernos de gran utilidad por diversas causas, que más adelante veremos, las relaciones de un ión a otro o al total de iones o sólidos disueltos.

Puede demostrarse por las relaciones Na^+/K^+ ; $\text{Na}^+/\text{Mg}^{++}$; $\text{Na}^+/\text{Ca}^{++}$ y $\text{Ca}^{++}/\text{Mg}^{++}$, la existencia de cambio de bases, dado el distinto poder de fijación de los iones en las permutitas naturales, que de una manera general, teniendo en cuenta los radios de los iones hidratados y el cálculo de la energía libre de estos equilibrios, realizado en 1953 por Gutierrez Ríos y Cano, se adapta a la desigualdad:

$$\text{H} < \text{Li} < \text{Na} < \text{K} < \text{Rb} < \text{Cs} < \text{Mg} < \text{Ca} < \text{Sr} < \text{Ba}$$
lo mismo que para los suelos.

Caso de existir este cambio de bases, se modificarán de modo notable las relaciones iónicas citadas, ya que tendrán

lugar entre otros los intercambios siguientes:



La razón $\text{Ca}^{++}/\text{Mg}^{++}$ puede sernos también muy útil para comparar aguas de distintas procedencias y que atraviesen rocas de muy diferente composición, o también para demostrar la contaminación con el agua del mar. De gran importancia para comprobar el origen de las aguas, pueden ser también las relaciones Cl^-/Na^+ y $\text{SO}_4^{--}/\text{Ca}^{++} + \text{Mg}^{++}$.

La razón sodio a total de cationes (Na^+/C^+) es muy útil para el estudio del cambio natural de bases, ya que el sodio es entre todos los iones, comunmente presentes en el agua, el que tiene menor poder de fijación a las distintas permutitas. También tiene importancia esta relación para el estudio de la calidad de las aguas de riego y extractos de suelo. Se la denomina por ciento de sodio soluble y algunos autores lo calculan con respecto al total de cationes, mientras que otros utilizan la fórmula:

$$\frac{\text{Na}^+}{\text{Na}^+ + \text{Ca}^{++} + \text{Mg}^{++}} \times 100$$

Las demás relaciones:

Por ciento de calcio = $100 \text{ Ca}^{++} / \text{Total de cationes}$

Por ciento de magnesio = $100 \text{ Mg}^{++} / \text{Total de cationes}$

Por ciento de potasio = $100 \text{ K}^+ / \text{Total de cationes}$

Por ciento de cloro = $100 \text{ Cl}^- / \text{Total de aniones}$

Por ciento de sulfato = $100 \text{ SO}_4^{--} / \text{Total de aniones}$

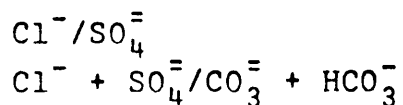
Por ciento de carbonatos

más bicarbonatos = $100 (\text{CO}_3^{--} + \text{HCO}_3^-) / \text{Total de aniones}$

Por ciento de silicatos = $100 \text{ SiO}_3^{--} / \text{Total de aniones}$

Por ciento de sílice = $100 \text{ SiO}_2 \text{ (mg/l)} / \text{residuo fijo}$

$\text{Na}^+ + \text{K}^+ / \text{Ca}^{++} + \text{Mg}^{++}$



las consideramos de interés para manifestar claramente las semejanzas o diferencias entre las aguas y poder hacer su comparación.

Los coeficientes de disolución, suspensión, erosión y selenitoso son los definidos por el Dr. J. Catalán Lafuente en su tesis doctoral (14).

El primero, es decir, el de disolución (Cd) representa en mg/l por Km la capacidad media de disolución del río en el tramo considerado y nos indica, por tanto, el poder disolvente de éste; el de suspensión (Cs) nos indica la materia en suspensión que el río ha llevado por término medio y viene expresado como el anterior en mg/l por Km; el de erosión (Ce) es igual a la suma de los dos anteriores:

$$\text{Ce} = \text{Cd} + \text{Cs}$$

Finalmente el selenitoso o de solubilidad de sulfatos, representa el poder de disolución del río respecto a este ión y se obtiene dividiendo el incremento en sulfatos de una estación a la anterior por su distancia en kilómetros.

El RAS o relación de absorción de sodio (SAR de los americanos) (23) es una relación que se usa para expresar la actividad relativa de los iones sodio, en reacciones de intercambio con el suelo. Se calcula por la fórmula:

$$\text{RAS} = \frac{\text{Na}^+}{\sqrt{(\text{Ca}^{++} + \text{Mg}^{++})/2}}$$

en la que las concentraciones de los iones se expresan en miliequivalentes por litro.

El carbonato sódico residual es un indicador de la calidad del agua para el riego. Se calcula por la siguiente fórmula, en la cual todos los valores se expresan en miliequivalentes por litro (98)

$$CSR = (CO_3^{=} + HCO_3^{-}) - (Ca^{++} + Mg^{++})$$

El índice de SCOTT fué propuesto en 1927 en "Standart Methods of Chemical Analysis" (82). Es un coeficiente de álcali que permite determinar si el agua es o no apta para el riego y que actualmente se conoce con el nombre de su autor.

El cálculo se hace de distinta manera según los datos del análisis del agua y se consideran los tres casos siguientes:

1° - Si el contenido en sodio, menos 0,65 del contenido en cloro, es negativo o igual a cero, el índice K es igual a 2040 dividido por el contenido de cloro expresado en miligramos por litro.

$$Na - 0,65 Cl \leq 0$$

$$K = \frac{2040}{Cl}$$

2° - Si el contenido en sodio, menos 0,65 del contenido en cloro es positivo, pero no excede de 0,48 veces el contenido de sulfatos, K es igual a 6620 dividido por la suma de sodio más 2,6 veces la cantidad de cloro.

$$0,48 SO_4 > Na - 0,65 Cl > 0 \quad K = \frac{6620}{Na + 2,6 Cl}$$

3° - Si el contenido en sodio, menos 0,65 del cloro excede del 0,48 de sulfatos, entonces K es igual a 662 dividido por la cantidad de sodio, menos 0,32 del cloro, menos 0,48 de los sulfatos.

$$Na - 0,65 Cl - 0,48 SO_4 > 0 \quad K = \frac{662}{Na - 0,32 Cl - 0,48 SO_4}$$

La clasificación se hace del modo siguiente:

K es superior a 18: el agua es buena y puede utilizarse durante muchos años con éxito, sin que haya necesidad de tomar precauciones especiales para evitar la acumulación de álcalis.

K oscila entre 18 y 6: el agua es tolerable, siendo generalmente necesario precaverse de la acumulación gradual de

álcalis excepto en los terrenos muy permeables.

K oscila entre 5,9 y 1,2: el agua es mediocre. En todos estos casos es necesario seleccionar los suelos, y con frecuencia se impone la aplicación de drenaje artificial.

K es inferior a 1,2: el agua es mala. No es utilizable para el riego.

SCHOELLER (84) introduce dos índices que nos permiten estudiar las relaciones entre los cambios de bases y el origen del agua. Son éstos el índice de cambio de bases (i.c.b.) y el índice de desequilibrio (i.d.), que se definen por las fórmulas:

$$i.c.b. = \frac{Cl - (Na + K)}{Cl}$$

$$i.d. = \frac{Cl - (Na + K)}{SO_4 + HCO_3 + NO_3}$$

en las que las concentraciones vienen expresadas en me/l. Cuando hay cambio del Na y K del agua, por el Mg y Ca de la permutita, es decir, cuando el agua se va enriqueciendo en Mg y Ca, el índice de cambio de bases será positivo.

Si el cambio que se verifica es el inverso, es decir, si el índice de cambio de bases es negativo, resulta más conveniente considerar el índice de desequilibrio. Sin embargo estos conceptos no tienen aplicación en muchos casos, en los cuales existe ya un desequilibrio de origen sin que haya habido cambio de bases. Por ejemplo, en el agua procedente del mar en la cual:

$$Cl > Na + K$$

o en la de las rocas cristalinas en la que

$$Cl < Na + K$$

Damos también la cantidad total de la materia en suspensión y residuo fijo, así como de sulfatos aportados por las aguas en valor medio anual correspondiente a los dos años de estudio y la relación del residuo fijo a la materia en suspensión. En el MAPA II está representada la situación de las estaciones del muestreo bianual, así como la composición media de las aguas en estos puntos.

Veamos ahora alguna de las características físicas y químicas de cada una de las estaciones consideradas:

Río Ebro

Estación I-E.- Está situada en Miranda de Ebro, provincia de Burgos.

Datos físicos.- La longitud del río desde la cabecera hasta esta estación es de 204,0 Km. y su longitud en línea recta 149,6 Km; por tanto la sinuosidad en este tramo es: $L/L' = 1,36$

La cota del lugar 460 m.

Datos químicos.- El número de muestras recogidas en esta estación es de 24, en los años hidrológicos 1961-62 y 1962-63, es decir, desde octubre del primero a septiembre del último, según se indica en las tablas correspondientes en las que figuran los resultados de los análisis efectuados.

Los valores medios hallados son:

Residuo a 110°C	294 mg/l
Conductividad específica	365 $\mu\Omega^{-1} \text{ cm}^{-1}$
Bicarbonatos	130 mg/l
Carbonatos	7,0 mg/l
Cloruros	25,6 "
Sulfatos	54,6 "
Sílice	13,5 "
Calcio	54,5 "
Magnesio	9,1 "
Sodio	23,9 "

Potasio	1,7 mg/l
Materia orgánica	54,5 cc KMnO_4 0,01 N
Dureza total	17,3° franceses
Dureza temporal	10,3° franceses
Dureza permanente	6,9° franceses
pH	8,3
Materia en suspensión	22,7 mg/l

Variaciones estacionales.- En el periodo considerado y teniendo presente la irregularidad de las tomas, se observa el máximo absoluto de sales disueltas (Residuo fijo a 110°C) en diciembre de 1961 con 470 mg/l. El mínimo se nos presenta en los meses de Agosto y Septiembre de 1963 con 200 mg/l.

De la observación de los datos de los análisis (TABLAS 21 - 38), se deduce la poca variación estacional, como era de esperar, ya que corresponde a un tramo de cabecera del río.

Las irregularidades son bajas para el residuo fijo (2,4), conductividad específica (2,3), bicarbonatos (3,3), cloruros (3,1), sulfatos (4,8), materia orgánica (3,0), dureza temporal (4,9) y pH (1,2); y altas para la sílice (7,2), calcio (11,0), magnesio (56), sodio (9,1), potasio (8,8), dureza total (7,7) y materia en suspensión (13,2).

Los valores de las relaciones, porcentajes e índices citados al principio del capítulo figuran en las TABLAS 41 - 43 y los coeficientes, totales de materia en suspensión y disuelta, relación entre ambas y total de sulfatos por año, adquieren en esta estación los siguientes valores:

Coefficientes de disolución	1,44
Coefficiente de suspensión	0,111
Coefficiente de erosión	1,55
Coefficiente selenitoso	0,27
Relación del residuo fijo a la materia en suspensión	13,0
Total de materia en suspensión	50.200 Tm.p.a.
Total de materia disuelta	649.000 Tm. p.a.
Total de sulfatos	120.900 Tm.p.a.

Estación II-E.- Está situada en Zaragoza, capital.

Datos físicos.- La longitud del río entre esta estación y la anterior (Miranda), es de 325,8 Km, siendo 290,0 Km la distancia en línea recta entre ellas; por tanto la sinuosidad del río en este tramo es de 1,12; la cota del lugar 189,2 m.

Datos químicos.- El número de muestras recogidas en esta estación es de 23 a lo largo de los mismos años que la anterior y en los meses que se especifican en las tablas correspondientes en las que figuran los resultados de los análisis.

Los valores medios hallados son:

Residuo a 110°C	658 mg/l
Conductividad específica	790 $\mu\Omega^{-1} \text{ cm}^{-1}$
Bicarbonatos	147 mg/l
Carbonatos	7,5 "
Cloruros	118 "
Sulfatos	155 "
Sílice	12,7 "
Calcio	82,7 "
Magnesio	20,9 "
Sodio	83,8 "
Potasio	2,6 "
Materia orgánica	47,4 cc KMnO_4 0,01 N
Dureza total	28,8° franceses
Dureza temporal	11,8 "
Dureza permanente	17,5 "
pH	8,2
Materia en suspensión	297 mg/l

Variaciones estacionales.- En esta estación los máximos de materia disuelta se presentan en los meses que van de julio a octubre y los mínimos en marzo y abril. En nuestro caso el máximo se presenta en julio de 1962 con un valor de 1084 mg/l y el mínimo en marzo del mismo año (374 mg/l). La materia en suspensión presenta un máximo verdaderamente extraordinario en el mes de agosto de 1963 (3.262 mg/l), pudiéndose comprobar que pre-

senta un valor muy semejante en el mismo mes la estación número VI (Cinca en Fraga); el mínimo se presenta en el mes de mayo del mismo año.

Las irregularidades son inferiores a 5 excepto para los cloruros (7,3), sílice (6,7), magnesio (6,5), sodio (7,3) y materia en suspensión (142).

La materia orgánica presenta un máximo en el mes de abril de 1962 (5,9 mg/l de oxígeno) y un mínimo en julio del mismo año (1,9 mg/l); su irregularidad es de 3,1.

Los coeficientes:

Coeficiente de disolución	1,12
Coeficiente de suspensión	0,84
Coeficiente de erosión	1,96
Coeficiente selenitoso	0,31
Relación del residuo fijo a la materia en suspensión	2,22
Total de materia en suspensión	3.281.000 Tm.p.a.
Total de materia disuelta	7.260.000 "
Total de sulfatos	1.710.000 "

Estación III-E.- Está situada en la población de Flix, provincia de Tarragona, y las tomas de muestra se realizaron en la Central Hidroeléctrica.

Datos físicos.- La longitud del río entre las estaciones II-E y III-E es de 268,2 Km y su distancia en línea recta de 177,0 Km. La sinuosidad del Ebro en este tramo es de 1,15 y la estación está a 40 m de altitud.

Datos químicos.- El número de muestras recogidas en esta estación es de 15 en los meses que se detallan en las tablas ya citadas.

Los valores medios hallados son:

Residuo a 110°C	481 mg/l
Conductividad específica	596 $\mu\Omega^{-1} \text{ cm}^{-1}$

Bicarbonatos	146 mg/l
Carbonatos	7,2 "
Cloruros	68,4 "
Sulfatos	116 "
Sílice	12,8 "
Calcio	71,1 "
Magnesio	17,7 "
Sodio	44,2 "
Potasio	2,1 "
Materia orgánica	48,1 cc KMnO_4 0,01 N
Dureza total	25,4° franceses
Dureza temporal	11,7 "
Dureza permanente	13,6 "
pH	8,3
Materia en suspensión	113 mg/l

Variaciones estacionales.- El máximo de residuo fijo se presenta en febrero de 1963 y el mínimo en julio del mismo año. Respecto a la materia en suspensión, el máximo aparece en marzo de 1963 (210 mg/l) y el mínimo en julio del mismo año (20,0 mg/l).

Las irregularidades son inferiores a 5 todas menos la del magnesio (7,8) y materia en suspensión (10,5).

La materia orgánica presenta un máximo de 6,1 mg/l de oxígeno consumido en abril de 1962 y un máximo de 2,1 mg/l en marzo del mismo año; su irregularidad 2,9 es la menor de las tres estaciones del Ebro, que presenta su máxima irregularidad en Zaragoza (3,1).

Los coeficientes, totales de materia en suspensión y disuelta, relación entre estas magnitudes y total de sulfatos son:

Coeficientes de disolución	-0,66
Coeficiente de suspensión	-0,69
Coeficiente de erosión	-1,35
Coeficiente selenitoso	-0,15

Relación del residuo fijo a materia en suspensión	4,26	
Total de materia en suspensión	2.241.000	Tm.p.a.
Total de materia disuelta	9.550.000	"
Total de sulfatos	2.300.000	"

Río Aragón.

Estación IV-A.- Está situada en la población de Jaca (Huesca) a 26,0 Km en línea recta del nacimiento del río, que tiene hasta este punto una longitud de 30,0 Km. Su sinuosidad será por tanto 1,15 muy semejante a la del Ebro entre Zaragoza y Flix. La cota de la estación es de 786,6 m.

Datos químicos.- En este punto se tomaron 23 muestras entre los meses de octubre de 1961 a septiembre de 1963.

Los valores medios son:

Residuo a 110°C	175 mg/l
Conductividad específica	205 $\mu\Omega^{-1}\text{cm}^{-1}$
Bicarbonatos	105 mg/l
Carbonatos	8,7 "
Cloruros	7,6 "
Sulfatos	26,2 "
Sílice	11,4 "
Calcio	35,8 "
Magnesio	4,7 "
Sodio	11,6 "
Potasio	0,6 "
Materia orgánica	38,5 cc KMnO_4 0,01 N
Dureza total	10,9 ° franceses
Dureza temporal	8,0 "
Dureza permanente	2,8 "
pH	8,3
Materia en suspensión	11,2 mg/l

El máximo de materia disuelta se presenta en noviembre de 1961 con 250 mg/l y el mínimo en Julio de 1963 (92,0 mg/l).

La materia en suspensión tiene su máximo en mayo de 1962 (59,0 mg/l) y el mínimo en septiembre de 1963 (1,0 mg/l).

Las irregularidades son altas en la mayoría de los casos, alcanzando los siguientes valores: bicarbonatos 5,3, cloruros 19,2, sulfatos 10,8 (si exceptuamos el valor nulo de enero de 1963), sílice 5,6 (si no tenemos en cuenta el mes de marzo de 1963), calcio 11,0, magnesio 11,0 (sin considerar varios meses que presentan un valor nulo para este ión), sodio 52,0, materia orgánica 9,4 mg/l de O_2 , dureza total 6,4, dureza temporal 5,4, dureza permanente 33,0 (sin considerar el valor nulo de diversos meses) y materia en suspensión 59,0.

Los coeficientes son:

Coeficiente de disolución	5,84	
Coeficiente de suspensión	0,37	
Coeficiente de erosión	6,21	
Coeficiente selenitoso	0,87	
Relación del residuo fijo a la materia en suspensión	15,6	
Total de materia en suspensión	3.350	Tm.p.a.
Total de materia disuelta	52.400	"
Total de sulfatos	7.840	"

Río Noguera Ribagorzana.

Estación V-E.- Está situada en la Piñana (Huesca) a la salida del embalse de Santa Ana.

Datos físicos.- La longitud del río hasta este punto es de 64,2 Km y la longitud en línea recta desde la cabecera hasta el punto de toma de muestra 49,2 Km. La sinuosidad es, por tanto, 1,30; la cota del lugar 300 m.

Datos químicos.- En esta estación se tomaron un total de 19 muestras en los años a que se refiere nuestro estudio.

Los valores medios hallados son:

Residuo a 110°C	272 mg/l
Conductividad específica	319 $\mu\Omega^{-1} \text{ cm}^{-1}$
Bicarbonatos	98,0 mg/l
Carbonatos	6,0 "
Cloruros	20,9 "
Sulfatos	73,4 "
Sílice	12,3 "
Calcio	48,5 "
Magnesio	7,8 "
Sodio	20,4 "
Potasio	1,4 "
Materia orgánica	41,3 cc KMnO_4 0,01 N
Dureza total	15,4° franceses
Dureza temporal	7,4 "
Dureza permanente	8,0 "
pH	8,2
Materia en suspensión	14,2 mg/l

El máximo de materia disuelta (392 mg/l) corresponde al mes de junio de 1962 y el mínimo, que presenta el valor de 200 mg/l, aparece en los meses de octubre de 1961 y enero de 1962.

Las irregularidades son inferiores a 5 excepto para la sílice (5,7), magnesio (5,2, despreciando el valor cero de abril de 1963), sodio (10,4), materia orgánica (5,7) y materia en suspensión (36,0).

La materia orgánica varía entre un máximo de 7,4 mg/l de oxígeno en abril de 1962 y un mínimo de 1,3 en julio del mismo año.

Los coeficientes presentan los valores:

Coeficiente de disolución	4,23
Coeficiente de suspensión	0,22
Coeficiente de erosión	4,45
Coeficiente selenitoso	1,14

Relación de residuo fijo a la materia en suspensión	19,2
Total de materia en suspensión	10.810 Tm.p.a.
Total de materia disuelta	207.500 "
Total de sulfatos	55.900 "

Río Cinca.

Estación VI-E.- Situada en la ciudad de Fraga, provincia de Huesca.

Datos físicos.- La cota del lugar es de 100 m. La longitud del río hasta este punto 159,2 Km y su distancia en línea recta hasta la cabecera 146,8 Km; presenta pues en este tramo una sinuosidad igual a 1,09, que es la menor de las encontradas hasta el momento en las estaciones anteriores.

Datos químicos.- Se tomaron un total de 24 muestras y los datos de los análisis pueden verse en las mismas tablas en las que se presentan los de las demás estaciones.

Los valores medios hallados son:

Residuo a 110°C	415 mg/l
Conductividad específica	498 $\mu\Omega^{-1} \text{ cm}^{-1}$
Bicarbonatos	116 mg/l
Carbonatos	9,2 "
Cloruros	54,9 "
Sulfatos	105 "
Sílice	13,7 "
Calcio	56,1 "
Magnesio	15,5 "
Sodio	48,1 "
Potasio	1,5 "
Materia orgánica	37,2 cc KMnO_4 0,01 N
Dureza total	20,4° franceses
Dureza temporal	9,3 "
Dureza permanente	10,7 "
pH	8,2
Materia en suspensión	213 mg/l

El máximo de residuo fijo se presenta en septiembre de 1962 (704 mg/l) y el mínimo en julio de 1963 (250 mg/l). Para la materia en suspensión el máximo aparece en agosto de 1963 con 3.189 mg/l, valor muy semejante, como ya hicimos notar, al del Ebro en Zaragoza en el mismo mes. Hay que destacar que las muestras fueron tomadas casi en la misma fecha; día 9 en Zaragoza y día 5 en Fraga.

Las irregularidades son altas para los cloruros (7,7), sulfatos (5,3), sílice (9,7), magnesio (8,1), sodio (13,3), materia orgánica (7,4) y materia en suspensión (614).

Los coeficientes son:

Coeficiente de disolución	2,61
Coeficiente de suspensión	1,34
Coeficiente de erosión	3,95
Coeficiente selenitoso	0,76
Relación del residuo fijo a la materia en suspensión	1,95
Total de materia en suspensión	745.000 Tm.p.a.
Total de materia disuelta	1.450.000 "
Total de sulfatos	366.050 "

Análisis y comparación de los datos anteriores.

Si nos fijamos en las irregularidades, vemos que la del residuo fijo presenta valores bajos en todas las estaciones: el valor máximo de 2,9 lo da la estación II (Zaragoza) y el mínimo 1,7 es el de la III (Flix). El máximo de mg/l se encontró en la II (1.084 mg/l) y el mínimo de 92,0 en la IV.

La irregularidad para la conductividad específica, oscila entre 2,9 y 1,6 coincidiendo sus máximos y mínimos en las mismas estaciones que el residuo fijo, como era de esperar, dada la correlación existente entre estas dos magnitudes.

Los bicarbonatos dan una irregularidad máxima de 5,3 en IV y mínima de 1,8 en V; los carbonatos presentan en muchos

meses el valor cero, por lo que no hemos calculado su irregularidad; la cantidad máxima en valor absoluto se presenta en el Cinca en Fraga (estación VI) en el mes de enero de 1962.

Los cloruros presentan irregularidades que oscilan entre 19,2 (Aragón en Jaca) y 2,2 (Noguera Ribagorzana en la Piñana).

Para los sulfatos y sílice, las máximas variaciones corresponden al río Aragón en Jaca, que despreciando los valores iguales a cero, nos da para los sulfatos una irregularidad de 10,8 y otra de 5,6 para la sílice. La mínima irregularidad de sulfatos la presenta la muestra V (2,8) y la mínima de sílice la III (4,2).

El ión calcio presenta un máximo de irregularidad en las estaciones I y IV (11,0) y un mínimo en la III (1,9); en el magnesio el máximo aparece en la estación I (56) y el mínimo en la V (5,2), si bien en este ión se han despreciado los calores nulos de las estaciones IV y V.

Las irregularidades del sodio varían entre 52,0 en la muestra IV y 3,0 en la III; para el potasio están comprendidas entre 8,8 en la estación I y 2,5 en la V. También en este ión se han despreciado los valores nulos de las muestras IV, V y VI.

La materia orgánica oscila entre un valor máximo de 9,4 mg/l de O_2 en la estación IV (abril 1962) y el mínimo de 1,0 que aparece en la misma estación en julio y en la VI en noviembre del mismo año. La máxima irregularidad la presenta la estación IV (9,4).

La dureza total presenta grandes oscilaciones en sus valores, con un máximo absoluto de 43,4 grados franceses en la estación II (Zaragoza) en julio 1962 y un mínimo de 3,2 grados franceses en la IV (Jaca) en mayo de 1962. La máxima irregularidad la presenta la estación I (7,7) y la mínima la estación III (2,0). Para la dureza temporal el valor máximo de la irregularidad es 5,4 en la estación IV y el mínimo 1,8 en la V. En el caso de la dureza permanente el máximo de irregularidad es-

tá en la estación IV con un valor de 33 si despreciamos los valores nulos y el mínimo en la II con el valor 3,5.

Las mínimas irregularidades las presenta el pH, con valores de 1,2 en las estaciones I, V y VI y 1,1 en las II, III y IV.

La materia en suspensión sin embargo, presenta las máximas irregularidades que son en todas las estaciones superiores a 10. La máxima aparece en la estación VI, con el valor de 614 y la mínima en la III (10,5).

Respecto a las relaciones iónicas se observa que la relación Na^+/K^+ alcanza el valor máximo en Zaragoza (II), notándose en Flix (III) la influencia del río Cinca. El mismo fenómeno ocurre con las relaciones $\text{Na}^+/\text{Mg}^{++}$ y $\text{Na}^+/\text{Ca}^{++}$. Estas tres relaciones manifiestan la existencia de cambio de bases en el río Ebro, sobre todo en el tramo comprendido entre Miranda y Zaragoza, siendo lo probable que haya sido enmascarado en Flix por el avenamiento de los ríos pirenaicos.

En la relación Cl^-/Na^+ es significativo su crecimiento a lo largo del Ebro, alcanzando en Flix el valor 1,00.

Los porcentos de Na^+ , Cl^- y SO_4^{--} varían inversamente a lo largo del río, con relación a los de Ca^{++} , K^+ , $\text{CO}_3^{--} + \text{HCO}_3^-$ y SiO_3^{--} o sea que mientras los primeros tienen el máximo en la estación II (Zaragoza), los segundos tienen en esta estación su mínimo. La complejidad de estos valores y sus aparentes anomalías tienen sin duda por causa, fenómenos de intercambio iónico y el hecho de que entre las estaciones II y III no varíen de modo semejante a como lo hacen entre la I y la II, se explica perfectamente por la gran influencia de los caudalosos ríos pirenaicos.

Es interesante resaltar el incremento de las relaciones $\text{Na}^+ + \text{K}^+/\text{Ca}^{++} + \text{Mg}^{++}$ y $\text{Cl}^-/\text{SO}_4^{--}$ en Zaragoza. Y esto es así a pesar de las grandes extensiones de terrenos yesíferos que las aguas en este punto han drenado, debido a que tanto los terrenos yesíferos como los materiales arcillosos poseen abun-

dantes cloruros solubles (véase análisis sales solubles en especial muestra N₂₂ de La Muela.).

CAPITULO 5º

CONDUCTIVIDAD

Entre las determinaciones que hemos efectuado en las muestras de agua que habían de servir de base a nuestro trabajo, figura la medida de la conductividad específica.

Consultados los fundamentos teóricos de esta magnitud, de los que puede verse una discusión completa en la Química Física de Glasstone (30), procedimos a consultar la bibliografía relacionada con el tema.

Es muy extensa, ya que son muchísimas las aplicaciones que actualmente se hacen de esta medida, debido a la comodidad y rapidez con que puede realizarse.

Una de las relaciones que más ha sido discutida es la de la conductividad / concentración de sólidos disueltos llegándose a la conclusión de que en soluciones diluidas de sales unitarias (KCl por ejemplo) existe una relación lineal entre la concentración de sólidos disueltos (expresada en partes por millón) y la conductividad. Sin embargo, cuando la concentración aumenta, la línea cambia de pendiente y la magnitud y dirección de este cambio es diferente para las distintas sales. La pendiente de la porción recta de la curva es también característica de la sal de que se trate.

Otro aspecto que ha sido considerado, es la relación entre la conductividad específica y la temperatura, quedando demostrado que aquella aumenta notablemente al aumentar ésta. Por ejemplo, si tenemos una disolución de KCl que contenga 746 miligramos por litro, es decir 10 miliequivalentes por litro de sal disuelta, al variar su temperatura de 0°C a 35°C, su conductividad se hace más del doble. Esto demuestra la necesidad de reducir las medidas de

conductividad específica a una temperatura única con el fin de que puedan ser comparables. Desgraciadamente los datos de la bibliografía no están todos de acuerdo, ya que son muchos los autores o países que los dan referidos a 25°C, mientras que casi otros tantos los refieren a la temperatura de 18°C.

Puede afirmarse que la conductividad específica aumenta en 2% por cada incremento de 1°C de temperatura. De acuerdo con estas conclusiones, existen tablas que permiten transformar la conductividad específica medida a una temperatura determinada, en la conductividad correspondiente a la temperatura que se desee. No obstante, modernos trabajos de investigación (13) y (89), parecen demostrar que esto no es correcto y puede dar lugar a considerables errores, ya que la variación de la movilidad de los iones con la temperatura es característica de cada uno de ellos y por tanto las variaciones de la conductividad específica dependerán de la composición iónica de la disolución. Se impone pues, efectuar las medidas a temperatura constante.

La investigación sobre la conductividad de soluciones de electrolitos, ha aumentado activamente desde la última mitad del siglo XIX. Aunque se podía suponer que debía existir una relación muy sencilla entre concentraciones iónicas y conductividad, no se ha encontrado que fuese este el caso. Son muchos los estudios y adaptaciones que se han hecho de la ecuación de Debye y Hückel, perfeccionada por L. Onsager en 1926. Parece ser que los factores más importantes para determinar, cómo una solución dada conducirá la corriente eléctrica, son el número y clase de los iones presentes, su carga relativa y su movilidad. Esta última propiedad, como ya es sabido, es una forma de expresar la libertad relativa de los iones para actuar como conductores debido a su movimiento a trvés de la solución e incluye por sí misma una serie de factores tales como tamaño y grado de hidratación de los iones,

resistencia mecánica del movimiento a través del disolvente, fuerzas electrostáticas debidas al grado de concentración y otras diversas causas. Algunos de estos factores cambian al variar la concentración y la mayoría o todos ellos son distintos para los diferentes iones.

Por tanto, no es extraño que no exista una relación exacta entre la conductividad y la cantidad de sólidos disueltos en las aguas naturales. Esto se explica todavía mejor si tenemos en cuenta que las aguas naturales son soluciones de una mezcla de sales que contienen también algunas sustancias no disociadas que representan una parte de los sólidos disueltos. Además de que ya las sales disociadas presentan en muchos casos relaciones contradictorias entre la concentración y la conductividad de sus disoluciones, las sustancias no disociadas al no ser conductoras, tienden a causar algunas aberraciones en la relación citada.

Muchos son los autores que han propuesto relaciones de la forma:

Conductividad específica ($\mu\Omega^{-1}\text{cm}^{-1}$) $\times A =$ Sólidos disueltos (p.p.m.). Sin embargo el factor A puede tomar valores que oscilan entre 0,5 y 1,0 según el tipo de agua de que se trate.

Considerando un caso concreto como el de Gila River en Bylas, Arizona, puede comprobarse que la relación entre conductividad específica y sólidos disueltos en las medidas efectuadas entre el 1 de octubre de 1943 y el 30 de septiembre de 1944, es lineal. En la representación gráfica los puntos no se desvían de modo apreciable de la línea recta, aunque es bastante grande la variación de las concentraciones que están comprendidas entre 300 y 3.200 p.p.m. de sólidos disueltos, teniendo sus conductividades a 25°C un valor mínimo de 500 y uno máximo de $5.100 \mu\Omega^{-1}\text{cm}^{-1}$.

Puede afirmarse que las aguas con elevadas concentraciones de sólidos disueltos, tienen relaciones sólidos disueltos / conductividad específica mal definidas, especialmente si es grande la cantidad de sulfatos, como puede verse en los ríos Viejo (puente de la carretera de Cañamares a Castejón) y Guadamejud (puente de la carretera de Moncalvillo de Huete a Villalba del Rey) (24). Este último tiene cantidades de ión sulfato siempre superiores a los 600 mg/l, que en el río Viejo presentan como valor mínimo los 1.300 mg/l.

Tomaremos como indicativos los siguientes valores:

T A B L A 47

Río	Residuo mg/l	C_P $\mu\Omega^{-1}cm^{-1}$	Sulfatos mg/l	Cloruros mg/l
Viejo:				
media de 16 muestras	2.948	2.940	1.558	28,6
máxima	3.394	3.150	1.650	56,5
mínima	2.606	2.624	1.300	19,0
Guadamejud:				
media de 17 muestras	2.684	2.617	1.393	32,1
máxima	3.436	3.222	1.803	55,0
mínima	1.240	1.258	604	16,0

En estos casos es sensiblemente igual y algunas veces superior el residuo fijo a la conductividad.

Sin embargo, en el caso anteriormente citado del Gila River (Arizona) hay predominio de cloruros en todas las muestras, como puede comprobarse en la siguiente tabla en la que figuran los valores dados en el Geological Survey Water-Supply Paper 970 , "Quality of Surface Waters of the United

States 1943" (70) para muestras del río tomadas en Solomosville, en fechas comprendidas entre el 1 de julio y el 29 de septiembre de 1943.

T A B L A 48

Río	Residuo mg/l	C _p uΩ ⁻¹ cm ⁻¹	Sulfatos mg/l	Cloruros mg/l
Gila River: media de 10 muestras	471	788	39,5	132
Máximo	635	1.070	51,0	208
mínimo	262	411	26,0	33,0

Como resumen podemos afirmar que los valores de la conductividad indican con bastante exactitud para determinadas aplicaciones, la concentración de sólidos disueltos; pueden utilizarse como guía en la selección de métodos de laboratorio para determinar constituyentes que se encuentran al estado de disolución; su medida puede sernos útil para determinar los cambios a corto plazo que tienen lugar en la calidad de las aguas de un río o fuente y en caso de una selección entre diversas clases de agua, proporciona una base para la elección de las muestras en las que se ha de hacer un análisis químico más detallado. Las determinaciones pueden hacerse con equipos portátiles de campo y se utilizan también actualmente dispositivos que registran gráficamente de modo continuo la conductividad específica de los cursos de agua.

Finalmente, entre las aplicaciones prácticas de las medidas de conductividad, podemos también citar su uso para la revisión de la exactitud de los análisis sugerido por Rosum (1949), el extenso capítulo de las valoraciones conductimétricas (79) y (99) y muchos otros estudios de gran precisión.

En nuestro trabajo práctico, las determinaciones se hacen con un aparato PHILIPS, pR 9500, trabajando con corriente alterna a frecuencias de 1.000 ó 50 ciclos por segundo, según se trate de soluciones buenas o malas conductoras.

Se utiliza una célula, PHILIPS, tipo PR 9510 para líquidos en reposo, que consta de dos electrodos de platino platinado, cada uno de los cuales posee una superficie de 1 cm^2 y que están separados entre sí la distancia de 1 cm, de tal modo que la lectura del aparato nos da directamente la resistencia específica de la muestra sin más que multiplicarla por la constante de la célula.

Los valores se expresan en micromhos, es decir, en ohmios recíprocos $\times 10^6$. Esta es la unidad adoptada internacionalmente ya que dados los valores usuales de la conductividad de las aguas naturales, el ohmio recíproco es una unidad demasiado grande y como consecuencia, todos los datos serían números decimales. La conductividad específica del agua más pura que puede obtenerse en el laboratorio es aproximadamente $0,05 \mu\Omega^{-1} \text{ cm}^{-1}$, si bien el agua monodestilada que se utiliza corrientemente, tiene una conductividad específica comprendida entre 1 y $5 \mu\Omega^{-1} \text{ cm}^{-1}$, debida principalmente a los iones H^+ y CO_3H^- procedentes de la disociación del ácido carbónico disuelto, que está en equilibrio con el CO_2 del aire con el que se encuentra en contacto.

En relación con lo dicho anteriormente y aunque en la literatura científica se citan gran número de fórmulas del tipo:

$$\frac{\text{residuo fijo}}{\text{Conductividad específica}} = A$$

en las que siempre este factor A tiene valores inferiores a la unidad, podemos afirmar que en las muestras analizadas en el Laboratorio de Química Hidrológica, se encontraban gran

número de anomalías que hacía imposible la aplicación de las fórmulas propuestas. Así, mientras existían aguas con gran cantidad de sólidos disueltos, que se ajustaban a las normas, había otras, como por ejemplo, las de los ríos Viejo y Guadamejud, citadas anteriormente, en las que, de una manera sistemática el residuo fijo era mayor en valor absoluto que la conductividad.

Con el fin de buscar la causa de estas anomalías y poder dar datos exactos en las aguas que analizamos, hemos hecho unas comprobaciones tratando de encontrar la relación existente entre la conductividad específica y la concentración en miliequivalentes por litro de las aguas en las estaciones de los ríos que estudiamos. Para ello empazamos por determinar esta relación con los medios de que disponíamos, en las disoluciones de algunas sales puras. Las sales elegidas han sido los cloruros y sulfatos de sodio, potasio, calcio y magnesio, así como los carbonatos y bicarbonatos de sodio y potasio en concentraciones comprendidas entre los 0,1 y 100 miliequivalentes por litro.

En todos los casos comprobamos que se trata de curvas de tipo parabólico, pues los puntos representados sobre papel logarítmico se ajustan perfectamente a rectas cuyas ecuaciones hemos determinado (TABLA 49).

De la observación de estas ecuaciones podemos deducir que en general las que representan a los sulfatos tienen pendiente mayor que las de los cloruros y entre todas, las máximas son las del $Mg SO_4$ y la $Ca SO_4$.

Por lo tanto la relación

$$\frac{\text{residuo fijo}}{\text{conductividad específica}}$$

será menor que la unidad en soluciones diluídas y en las con-

centradas que predominan los cloruros y los alcalinos. A medida que aumenta la cantidad de sulfatos y la de calcio y magnesio el valor del cociente irá aumentando y llegará incluso a ser mayor que la unidad.

T A B L A 49

Sal	Ecuación
Na Cl	$y = 1,03x - 2,07$
K Cl	$y = 1,01x - 2,10$
Ca Cl ₂	$y = 1,09x - 2,21$
Mg Cl ₂	$y = 1,03x - 2,05$
Na ₂ SO ₄	$y = 1,12x - 2,3$
K ₂ SO ₄	$y = 1,08x - 2,29$
Ca SO ₄	$y = 1,13x - 2,23$
Mg SO ₄	$y = 1,15x - 2,44$
Na ₂ CO ₃	$y = 1,07x - 2,13$
K ₂ CO ₃	$y = 1,04x - 2,10$
Na CO ₃ H	$y = 1,08x - 2,05$
K CO ₃ H	$y = 1,05x - 2,10$

En nuestras muestras, los valores de la conductividad específica oscilan entre los 143 $\mu\Omega^{-1}\text{cm}^{-1}$ (Aragón en Jaca, junio 1962) y 1267 $\mu\Omega^{-1}\text{cm}^{-1}$ (Ebro en Zaragoza, julio 1962).

En cada uno de los puntos de toma de muestras y con los datos que poseemos de los dos años hidrológicos, se han estudiado las correlaciones entre la conductividad específica y algunas otras magnitudes. El método empleado para estos cálculos ha sido el de Schoklitsch, obteniéndose los siguientes resultados.

Correlación entre la conductividad específica y el residuo fijo.

Damos a continuación la tabla de los valores obtenidos en la que

$$\sigma_{cp} = \sqrt{\frac{\sum \rho^2}{n}} \quad \text{y} \quad \sigma_R = \sqrt{\frac{\sum \rho^2}{n}}$$

son las desviaciones típicas de la conductividad específica y el residuo fijo respectivamente, y

$$r = \frac{\sum \rho f}{n \sigma_{cp} \sigma_R}$$

el coeficiente de correlación independiente de la escala elegida.

T A B L A 50

Estación	σ_{cp}	σ_R	r
I	87,8	59,84	r = 0,885
II	246,8	205,8	r = 0,936
III	108,0	92,6	r = 0,876
IV	38,2	40,7	r = 0,641
V	62,2	41,9	r = 0,806
VI	110,2	109,3	r = 0,908

Siendo:

ρ = diferencias entre los valores de la conductividad específica y el valor promedio, y

f = diferencias entre los valores del residuo fijo y su valor promedio.

Como puede verse, las correlaciones son todas positivas y mayores de 0,5 alcanzando valores bastante elevados excepto en la muestra IV. Esta corresponde precisamente al agua más pura y que contiene menores cantidades de sólidos disueltos.

Está tomada del río Aragón en Jaca, es decir, casi en su nacimiento, donde sólo recibe el aporte del valle de Canfrac, originado en el Coll de Portalet (1958 m) y el arroyo que tiene su origen en la Peña de Oroel (1767 m).

Podemos afirmar pues, de acuerdo con estos datos, que la relación entre la conductividad específica y el residuo fijo está menos definida cuando se trata de aguas muy puras.

Con cada uno de los conjuntos de valores correspondientes a cada punto de muestreo, hemos determinado las rectas a las que se ajustan, calculando las ecuaciones de regresión de Y sobre X, así como las varianzas y errores típicos de las estimaciones. Los valores obtenidos han sido los siguientes:

T A B L A 51

Estación	Recta de regresión de Y sobre X $y = bx + a$	S_E^2	S_E
I	$y = 0,602x + 74$	810	28,5
II	$y = 0,781x + 38,5$	5500	74,0
III	$y = 0,860x - 28,7$	2140	46,2
IV	$y = 0,682x + 35,8$	1030	32,1
V	$y = 0,541x + 100,6$	651	25,6
VI	$y = 0,899x - 32$	2190	41,7

Las fórmulas empleadas para estos cálculos han sido

tomadas de Schoklitsch, Ríos y Wills, (75) y (100).

S_E^2 = Varianza de las estimaciones.

S_E = Error típico de las estimaciones.

y en la ecuación de la recta

$$b = \frac{\sum \rho f}{\sum \rho^2} = r \frac{\sigma_R}{\sigma_{cp}} \quad a = \bar{R} - b \bar{c}_p$$

La varianza y el error típico se calculan por las fórmulas:

$$S_E^2 = \frac{n-1}{n-2} \sigma_R^2 (1-r^2)$$

$$S_E = \sqrt{S_E^2}$$

S_E^2 puede considerarse como un índice de la dispersión de los puntos alrededor de la recta de regresión, correspondiendo a menor valor de S_E^2 menores desviaciones.

Se deduce pues, que si se conocen los valores de la conductividad específica, pueden predecirse los de la cantidad de sólidos disueltos con los siguientes errores:

<u>Estación</u>	<u>Error</u>
I	$\pm 28,5$ mg/l
II	$\pm 74,0$ "
III	$\pm 46,2$ "
IV	$\pm 32,1$ "
V	$\pm 25,5$ "
VI	$\pm 46,8$ "

Entre estos límites estará comprendido el 68% de los valores y si tomásemos como extremos los valores $\pm 2 S_E$, es decir $\pm 57,0$ para el punto I quedarían comprendidos entre ellos el 95% de los datos experimentales.

Correlación entre la conductividad específica y la suma total de los iones presentes en el agua.

T A B L A 52

Estación	σ_{cp}	σ_I	r
I	87,8	233	0,876
II	246,8	594	0,952
III	108,0	283	0,814
IV	38,2	118,4	0,612
V	62,2	158,4	0,843
VI	110,2	304,5	0,895

I = diferencia entre la suma de los iones (aniones más cationes) y su valor promedio.

Se deduce claramente que las correlaciones se mantienen aproximadamente iguales a las del caso anterior, como era de esperar, ya que no hemos modificado más que la forma de expresar la concentración de los sólidos disueltos en el agua.

Haciendo un estudio semejante al de las dos magnitudes anteriores, obtenemos los siguientes valores para las rectas de regresión, varianzas y errores típicos de las estimaciones:

T A B L A 53

Estación	Recta de regresión de Y sobre X	S_E^2	S_E
I	$y = 2,32x + 84$	13100	1,14
II	$y = 2,29x + 111,5$	35200	1,84
III	$y = 2,44x - 13$	29100	1,74
IV	$y = 1,89x + 195,5$	9200	0,96
V	$y = 2,26x + 103$	7700	0,875
VI	$y = 2,47x + 28$	19400	1,39

Es decir que en cualquiera de los puntos de muestreo, si se conoce el valor de la conductividad específica, se puede calcular el número de miliequivalentes de sustancias disueltas con un error menor que $\pm 1,84$ me/l, correspondiendo este valor máximo al Ebro en Zaragoza.

Puede verse una representación gráfica de estas rectas en las Gráfs. VIII y IX construídas según los datos de las tablas 54 y 55. Las líneas a las que se ajustan los datos experimentales se han representado en trazo continuo. Las rectas de puntos son paralelas trazadas a la distancia S_E de la recta de regresión, que como se sabe comprenden entre sí el 68% de las medidas.

Si comparamos los valores de la irregularidad de los sulfatos y cloruros en las estaciones estudiadas con el valor de las correlaciones $C_p - R$ y $C_p - \text{me/l}$ (TABLA 56).

T A B L A 56

Estación	Irregularidad		r	
	SO_4^{--}	Cl^-	$C_p - R$	$C_p - \text{me/l}$
I	4,8	3,1	0,885	0,876
II	4,0	7,3	0,936	0,952
III	3,0	3,1	0,876	0,814
IV	10,3	16,2	0,641	0,612
V	2,8	2,2	0,806	0,843
VI	5,3	7,7	0,908	0,895

Se observa que la máxima irregularidad se corresponde con el mínimo valor de r.

Por otra parte si nos fijamos en los porcentos de sodio, cloruros, sulfatos, calcio y carbonatos más bicarbonatos a lo largo del río Ebro, observamos que en Zaragoza (estación II) hay un máximo para los porcentos de sodio, cloru-

ros y sulfatos y un mínimo para los de calcio y carbonatos más bicarbonatos, que corresponde al máximo valor de r en esta estación, lo que parece apuntar una posible relación, que se habrá de comprobar en el futuro con más análisis, así como también en las aguas de otros ríos.

CAPITULO 6º

ANALISIS ESPECTROQUIMICO Y MICROSCOPIA ELECTRONICA

Con el fin de conocer lo mejor posible la naturaleza de las sustancias transportadas por las aguas de los ríos de la cuenca del Ebro, solicitamos de la sección de Espectroanálisis del Departamento de Química Analítica del Consejo Superior de Investigaciones Científicas, el estudio de los residuos a 110°C correspondientes a las muestras extraordinarias tomadas en los meses de mayo y septiembre de 1963 en distintos puntos del Ebro y afluentes principales.

Los resultados, que se adjuntan en la TABLA 57, tienen un valor puramente cualitativo, aunque se emplean notaciones para indicar la mayor o menor intensidad con la que se manifiestan al observador del espectrograma las rayas características de un determinado elemento; sin embargo, dos casillas con la misma notación pueden en la práctica diferir bastante en su concentración, siendo todavía mayor esta diferencia, si se comparan notaciones iguales de elementos diferentes. No obstante la observación de la tabla, nos dará una idea relativa de la proporción del elemento en la muestra estudiada.

Si prescindimos de los elementos que se encuentran en el agua en cantidades macroscópicas (Ca, Mg, Na, K), que naturalmente han sido acusados con claridad en el espectrograma, los resultados obtenidos han sido los siguientes:

T A B L A 57

Muestras	Sr	Mn	Al	Fe	Cr
1.E	M	-	I	I	L
2.E	M	L	I	P	I
3.T	M	-	I	I	-
4.N	M	-	P	P	I
5.E	M	L	P	P	L
6.Ag	M	L	P	P	L
7.Ar	M	-	L	L	-
8.A	M	-	B	P	P
9.E	M	-	I	L	-
10.J	M	-	I	L	-
11.E	M	-	L	L	-
12.G	M	-	L	L	-
15.E	M	-	I	L	-
16.S	I	-	P	-	-
17.E	M	-	L	I	-
18.E	M	-	L	I	-
19.A1	M	-	B	-	-
20.A	M	-	I	I	P

siendo la notación empleada:

- M = Mucho
- B = bastante
- P = poco
- I = indicios
- L = ligeros indicios
- = ausencia

Respecto a la Microscopía electrónica, podemos afirmar que esta técnica aplicada al estudio de las aguas superficiales es muy reciente entre nosotros (4) y (5).

En este trabajo de Tesis se ha estudiado la materia en suspensión y el residuo fijo de una muestra media correspondiente a las tomadas mensualmente durante los dos años hi-

drológicos 1961-62 y 1962-63.

Las muestras fueron estudiadas en Microscopio SIEMENS. Elmiskop I del Servicio de Microscopía Electrónica de la División de Ciencias del Consejo Superior de Investigaciones Científicas, trabajándose con una tensión aceleradora de 80 Kilovoltios y aumentos en pantalla variables entre 8.000 y 20.000, observándose a 80.000 y 200.000 aumentos. La técnica operatoria fué de dispersión normal bien de la materia en suspensión, bien del residuo fijo, sin sombreado para observar netamente los diversos componentes.

El resultado ha sido el siguiente:

Muestra I. (Ebro en Miranda)

Su materia en suspensión está compuesta por micas de morfología irregular, teniendo absorbidas en superficie sustancias amorfas, geles, algún carbonato y fragmentos de diatomea. Las bacterias y geles de aspecto mucilaginoso son muy abundantes.

En el residuo a 110°C predominio absoluto de sales entre las que determinamos bicarbonatos, cloruros en forma de cubos netos (Fot. 1), y yeso. Existe una fracción difícil de determinar muy opaca a los electrones.

Muestra II (Ebro en Zaragoza)

En la materia en suspensión, predominio de los minerales micáceos los cuales se encuentran alterados y oscurecidos por sustancias adsorbidas; illita frecuente y algo de hierro goethítico acicular. Aunque escasa, está presente sepiolita y son visibles romboedros de carbonato, yeso y algún gel de aspecto mucilaginoso (Fot. 2).

Residuo fijo con elevada concentración de sales entre las que destacan cloruros, sulfatos y bicarbonatos. En la Fot. 3 se aprecian junto con algunos geles y cloruros, dos maclas en flecha de yeso.

Muestra III (Ebro en Flix)

La materia en suspensión está compuesta de mica y sepiolita; en mayor proporción se presenta el hierro goethítico. También se aprecian sales y entre ellas los romboedros de carbonato.

En el residuo fijo, predominio de carbonatos y sulfatos; los cloruros presentes se recrystalizan en cubos extraordinariamente pequeños; presencia además de materia amorfa no determinada.

Muestra IV (Aragón en Jaca)

Materia en suspensión compuesta por illita, mica, montmorillonoides, hierro coloidal y es posible encontrar algunos yesos y bicarbonatos recrystalizados.

En el residuo fijo se ven sulfatos, sílice coloidal y materia orgánica.

Muestra V (Noguera Ribagorzana en la Piñana)

En la materia en suspensión, micas de tamaño pequeño, illita, gel de sílice, algún yeso mal cristalizado, romboedros de calcita o dolomita y algún fragmento de diatomea.

En el residuo fijo se observa que predominan los bicarbonatos y los sulfatos.

Muestra VI (Cinca en Fraga)

Materia en suspensión de composición muy variada entre la que destacan las micas de dos morfologías distintas. Unas, la mayoría, angulares, frescas, y otras hidratadas; además son frecuentes las cloritas y las caolinitas. El hierro está presente en forma goethítica que se asocia, dando pequeños glomérulos. No se han observado geles ni sales solubles (Fots. 4 y 5).

En el residuo fijo es frecuente encontrar sulfatos

con aspecto laminar y terminación prismática apuntada (Fot. 6). Además se ven bicarbonatos y cloruros en formas no muy típicas dentro de lo normal en microscopía electrónica.

CAPITULO 7º

CLASIFICACION DE LAS AGUAS Y ESTUDIO COMPARATIVO DE LA CALIDAD DE LAS MISMAS EN LAS DISTINTAS ESTACIONES DE MUESTREO.

Según el uso a que se destine un agua, así ha de ser interpretado su análisis químico, ya que es muy diferente el criterio que habrá de seguirse en los distintos casos.

No tiene por ejemplo la misma importancia, la cantidad de materia orgánica de un agua destinada a la bebida que de otra que haya de ser utilizada para riegos, pues lo que en el primer caso podríamos considerar como índice de polución, en el segundo puede resultar beneficioso. Algo análogo podríamos decir de los sulfatos a los que habrá que conceder una especial importancia en relación con las obras públicas, y así podríamos continuar, con la consideración de otros muchos componentes.

Vamos, en la primera parte de este capítulo, a clasificar las aguas de los distintos puntos de muestreo, con arreglo a su potabilidad, aptitud para el riego y características geoquímicas, para después ver como evoluciona cada uno de los valores hallados a lo largo del curso del río.

Para el estudio de las aguas destinadas a la bebida y usos domésticos, emplearemos las "Normas de Potabilidad de Aguas" elaboradas para España por el Grupo de Trabajo de Calidad de Aguas del Instituto de Hidrología.

Respecto a la aptitud para el riego emplearemos, además de las normas elaboradas para este fin por el citado Grupo de Trabajo del Instituto de Hidrología, las propuestas por Wilcox-Thorne (Graf. X) y la Universidad de California, teniendo en cuenta los valores del carbonato sódico residual y del índice de SCOTT, para lo cual emplearemos los índices siguientes:

- a) Concentración salina
- b) Residuo a 110°C
- c) Concentración relativa del sodio, respecto al calcio y magnesio.
- d) Porcentaje de sodio respecto al total de cationes.
- e) Porcentaje de Ca respecto al total de cationes.
- f) Carbonato sódico residual, es decir concentración de carbonatos y bicarbonatos con relación a la suma de calcio y magnesio.
- g) Índice de SCOTT.

Nos limitaremos a su definición con respecto a estos criterios sin tener en cuenta la naturaleza y características de los suelos que han de regar, dato que por otra parte es muy necesario para poder juzgar de su aptitud para los fines de nuestro trabajo.

Para la clasificación geoquímica emplearemos las de G. NOISSETTE y S.A. SHCHUKAREV, modificada en parte por SLAVYANOV.

Para una descripción más detallada de estas clasificaciones, véase, entre la literatura española la Tesis Doctoral de Bustos, A. (12).

La clasificación de G. NOISSETTE se basa en los valores de la resistividad, cantidad de sólidos disueltos y dureza; la de SHCHUKAREV-SLAVYANOV, en el porcentaje de los diversos aniones y cationes, teniendo en cuenta solamente los que lo presentan superior al 25.

Veamos, por tanto, como interpretamos los análisis para cada uno de los usos indicados en las distintas estaciones de muestreo bianual y en las del muestreo general.

Estación I

Potabilidad

Podemos decir, en general, que las aguas del río Ebro en Miranda son potables, cumpliendo todas las condicio-

nes físicas y químicas exigidas y estando las concentraciones de sus iones muy por debajo de las admitidas en las normas adoptadas; sin embargo, hay que hacer la salvedad de la materia orgánica para la que el valor medio de los dos años es 4'4 mg/l de oxígeno absorbido por el KMnO_4 , siendo sólo 3'0 mg/l la cantidad admitida. Solamente en tres de los veinticuatro meses estudiados (mayo, Junio y noviembre de 1962), presenta la materia orgánica valores inferiores al máximo permisible. Estos valores son: 2'9, 2'8 y 2'3 mg/l respectivamente.

Es de hacer notar, además del alto contenido de materia orgánica, la presencia de indicios de nitritos en dos meses de entre todos los analizados, por lo que este agua se debe someter a tratamiento, si se quiere destinar a la bebida y usos domésticos.

Riegos

Los índices que nos servirán para definir las aguas en este aspecto, toman aquí los valores siguientes:

Conductividad específica	365 $\mu\Omega^{-1}\text{cm}^{-1}$
Residuo a 110°C	294 mg/l
R A S	0,79
Por ciento de sodio	22,8
Por ciento de calcio	59,8
Carbonato sódico residual	-1,06
Indice de SCOTT	73,4

Según la clasificación de Wilcox-Thorne, de acuerdo con los valores de la conductividad y el R A S, estas aguas están englobadas en el grupo $C_2 - S_1$.

El valor del índice de SCOTT (73'4), la carencia de carbonato sódico residual y el escaso porcentaje de sodio soluble, que es solamente un 22'8% del total de cationes, nos permite considerar estas aguas como de excelente calidad para el riego en toda clase de suelos, en lo que están de acuerdo todos los criterios empleados.

Según las normas españolas, elaboradas por el Grupo

de Trabajo ya citado, se las puede considerar como "Aguas Buenas", ya que su cantidad de sólidos disueltos (294 mg/l), está muy por debajo del máximo permitido para esta clase de aguas (500 mg/l) y el porcentaje de calcio (59'8) es muy superior al 35 que es el mínimo necesario.

Geoquímica

Siguiendo la clasificación de G. NOISSETTE, estas aguas pertenecen a la Clase 3^a, es decir, se trata de "Aguas de dureza media y mineralización ligera".

La sal que predomina en ellas es el bicarbonato cálcico, por lo que según el criterio seguido por SHCHUKAREV-SLAVYANOV estas aguas deben ser consideradas como bicarbonatadas cálcicas (59'8 % de Ca^{++} y 46'1 % de CO_3H^-).

Los valores que en esta estación adquieren el índice de cambio de bases y el índice de desequilibrio son:

Indice de cambio de bases	-0'50
Indice de desequilibrio	-0'108

Estación II

Potabilidad

El agua del Ebro en Zaragoza tiene excesiva cantidad de materia orgánica, que presenta como valor medio de las 23 muestras estudiadas el de 3'8 mg/l de oxígeno absorbido por el permanganato.

Presentan valores inferiores al máximo admisible, mayo, julio, agosto y noviembre de 1962 y septiembre de 1963, estando septiembre de 1962, justamente en el valor límite (3'0 mg/l de oxígeno).

Todos los demás valores son inferiores a los límites convenientes por lo que estas aguas se podrían calificar de potables, pero que necesitan un tratamiento para eliminación de la materia orgánica.

Riegos

Los valores que en este punto adquieren las relaciones enumeradas anteriormente son:

Conductividad específica	790 $\mu\Omega^{-1}\text{cm}^{-1}$
Residuo a 110° C	658 mg/l
R A S	2'13
Porciento de sodio	38'1
Porciento de calcio	43,5
Carbonato sódico residual	-3'18
Indice de SCOTT	17'0

De acuerdo con ellos podemos decir que pertenecen al grupo C_3-S_1 de la clasificación de Wilcox-Thorne, es decir tienen excesiva salinidad y sólo son tolerables para cierta clase de cultivos. Sin embargo, están muy cerca del grupo C_2-S_1 , ya que el valor límite para la conductividad son $750 \mu\Omega^{-1}\text{cm}^{-1}$. No poseen carbonato sódico residual y según la clasificación de la Universidad de California, pueden considerarse también como buenas para el riego, ya que su porcentaje de sodio (38'1) es muy inferior al límite permitido (60).

Sin embargo, su índice de SCOTT nos indica que se trata de aguas tolerables para el riego, pero con las que es necesario tomar precauciones para evitar la acumulación gradual de álcalis si no se emplean en terrenos muy permeables.

De acuerdo con las normas españolas, son aguas buenas para el riego en lo que se refiere a su porciento de calcio, pero su cantidad de sólidos disueltos excede del límite tolerado ya que éste es solamente 500 mg/l.

Geoquímica

Según la clasificación de G. NOISSETTE, pertenecen a la clase 3^a en cuanto a la dureza y 4^a respecto a la mineralización. Son pues "Aguas de dureza media y mineralización notable".

De acuerdo con SHCHUKAREV-SLAVYANOV, estas aguas

podrían denominarse cloruro-sulfato-bicarbonatadas-calciosódicas.

Respecto al cambio de bases los índices son:

Indice de cambio de bases	-0'114
Indice de desequilibrio	-0'67

Estación III

Potabilidad

Estas aguas son aptas para la bebida y usos domésticos teniendo en cuenta la salvedad de la materia orgánica que presenta una media de 3'9 mg/l de oxígeno absorbido por el KMnO_4 en las 15 muestras estudiadas.

Riegos

Conductividad específica	596 $\mu\Omega^{-1}\text{cm}^{-1}$
Residuo a 110°C	481 mg/l
R A S	1'21
Por ciento de sodio	27'5
Por ciento de calcio	51'0
Carbonato sódico residual	-2'39
Indice de SCOTT	30'0

Con arreglo a su conductividad y R A S pertenecen al grupo $\text{C}_2\text{-S}_1$.

No poseen carbonato sódico residual y su índice de SCOTT, muy superior a 18, indica que se trata de aguas buenas, que pueden ser utilizadas durante muchos años con éxito sin necesidad de tomar precauciones especiales. Lo mismo podemos deducir de su porcentaje de sodio.

Según las normas españolas pueden calificarse de aguas buenas para el riego.

Geoquímica

De acuerdo con G. NOISSETTE pertenecen a la Clase 3^a

"Aguas de dureza media y mineralización ligera".

Se trata según la segunda clasificación, ya citada, de aguas sulfato-bicarbonato-cloruradas-calcio-sódicas.

Los índices citados adquieren los valores:

Indice de cambio de bases	-0'026
Indice de desequilibrio	-0'010

Estación IV

Potabilidad

Las aguas del Aragón en Jaca son potables, encontrándose su materia orgánica (valor medio de 24 muestras) en el máximo admisible. Los valores máximos los presentan los meses de abril de 1962 (9'4 mg/l de oxígeno) y mayo de 1963 (6'0 mg/l de oxígeno).

Aparecen indicios de nitritos en el mes de mayo de 1963.

Riegos

Conductividad específica	205 $\mu\Omega^{-1}\text{cm}^{-1}$
Residuo a 110°C	175 mg/l
R A S	0'48
Porciento de Na	18'5
Porciento de calcio	66'3
Carbonato sódico residual	-0'17
Indice de SCOTT	211

Pertenecen al grupo C_1-S_1 de la clasificación de WILCOX-THORNE, es decir son de mejor calidad que las hasta ahora consideradas y tienen el valor más bajo de todas las estaciones de muestreo para la relación de absorción de sodio (R A S).

No poseen carbonato sódico residual y según la clasificación de la Universidad de California son aguas de buena calidad para el riego, calificación que confirma también su

elevado índice de SCOTT.

De acuerdo con las normas españolas pueden considerarse también como aguas buenas para el riego.

Geoquímica

Son intermedias entre la clase 2ª y 3ª de G. NOI-SSETTE pudiendo ser consideradas mejor como de la 2ª, o sea "Aguas dulces y con débil mineralización".

Según la 2ª clasificación empleada estas aguas pueden denominarse bicarbonatadas-cálcicas.

Los valores de los índices son:

Indice de cambio de bases	-0,214
Indice de desequilibrio	-0,173

Estación V

Potabilidad

Las aguas del Noguera Ribagorzana en la Piñana son potables, haciendo la salvedad de la materia orgánica, como en las demás estaciones. La medida de las 19 muestras estudiadas es 3'3 mg/l de oxígeno absorbido por el permanganato, siendo muchos los meses que presentan un valor inferior al máximo admitido.

Los máximos anuales se presentan en los meses de abril (7'4 mg/l de oxígeno en abril de 1962 y 5'2 mg/l en abril de 1963.)

Riegos

Conductividad específica	319 $\mu\Omega^{-1}\text{cm}^{-1}$
Residuo a 110°C	272 mg/l
R A S	0'68
Por ciento de sodio	22'4
Por ciento de calcio	60'8
Carbonato sódico residual	-1'26
Indice de SCOTT	88'6

Pertenecen al grupo C_2-S_1 , es decir pueden utilizarse siempre que haya un moderado grado de lavado.

No tienen carbonato sódico residual y su porcentaje de sodio es también bajo, por lo que no presentan peligro de acumulación de álcalis.

Respecto al índice de SCOTT pueden considerarse como aguas de excelente calidad que pueden utilizarse durante muchos años sin ninguna clase de precauciones.

De acuerdo con las normas españolas las calificaremos de aguas buenas, con un elevado porcentaje de calcio.

Geoquímica

Pertenecen a la Clase 3^a de la clasificación de NOISSETTE. "Aguas de dureza media y mineralización ligera".

Son aguas bicarbonato-sulfatadas-cálcicas.

Los valores de los índices son:

Indice de cambio de bases	-0'56
Indice de desequilibrio	-0'105

Estación VI

Potabilidad

Las aguas del río Cinca en Fraga pueden calificarse como potables. Su materia orgánica es 3'0 mg/l de oxígeno absorbido por el permanganato, como valor medio de las 24 muestras estudiadas. De entre estas, es superior al límite máximo admitido en 10 meses. El máximo absoluto lo presenta el mes de abril de 1962 (7'4 mg/l de O_2) y el mínimo noviembre del mismo año (1'0 mg/l de O_2).

Riegos

Conductividad específica	498 $\mu\Omega^{-1}cm^{-1}$
Residuo a 110°C	415 mg/l

R A S	1'48
Por ciento de sodio	34'1
Por ciento de calcio	44'9
Carbonato sódico residual	-1'85
Indice de SCOTT	34'6

Pertenecen al grupo C_2-S_1 de la clasificación de WILCOX-THORNE.

No poseen carbonato sódico residual y su porcentaje de sodio no es excesivo aún cuando es el que ocupa el 2º lugar de las estaciones estudiadas, muy semejante al del Ebro en Zaragoza.

Su índice de SCOTT, muy superior a 18, nos permite considerarlas como aguas que pueden utilizarse durante muchos años sin precauciones especiales.

Según las normas españolas pueden calificarse de aguas buenas para el riego.

Geoquímica

Pertenecen a la clase 3ª de la clasificación de G. NOISSETTE. "Aguas de dureza media y mineralización ligera".

Se trata de aguas sulfato-bicarbonatadas-calcio-sódicas.

Los valores de los índices son:

Indice de cambio de bases	-0'403
Indice de desequilibrio	-0'152

Muestreo general.

Aunque no tiene el mismo valor la interpretación de los resultados de un sólo análisis que de la media de una serie de ellos, vamos a aplicar a continuación el tratamiento seguido anteriormente con la media de los análisis del bienio hidrológico 1961-62 y 62-63 a los análisis del muestreo general y esto por varias razones:

1º) Por ser frecuente clasificar un agua por un solo análisis, sin tener para nada en cuenta factores tan importantes como por ejemplo si la muestra se tomó antes o después de un estiaje prolongado, variaciones estacionales, etc.

2º) Por no existir en la literatura científica correspondiente datos sobre la mayoría de estos ríos.

3º) Porque nos permite estudiar mejor la evolución de los distintos valores que adquieren las relaciones estudiadas por nosotros, así como la influencia ejercida por los aportes laterales sobre la red principal.

Por otra parte, en este muestreo se ha determinado el oxígeno disuelto, que con los indicadores que hemos empleado en otro trabajo nuestro (18), nos permitirá conocer de una manera somera, cómo se encuentran con respecto a la polución las aguas del río Ebro y sus afluentes más notables. Para un estudio más profundo sobre esta faceta, necesitaríamos realizar otras determinaciones como por ejemplo D.B.O., detergentes, amoniaco, etc.

La situación de las estaciones del muestreo general puede verse en el MAPA I y los valores hallados en los correspondientes análisis en el tabla 39.

La clasificación de las aguas en las distintas estaciones la haremos con arreglo a los apartados siguientes:

- a) Potabilidad
- b) riegos
- c) geoquímica
- d) polución

Para los tres primeros emplearemos los mismos criterios indicados al principio del capítulo; respecto a la polución consideraremos:

Cantidad de
Oxígeno disuelto en mg/l

Muy polucionadas	si tienen	menos de 3'0
Polucionadas	"	entre 3'0 y 4'5
Ligeramente polucionadas	"	entre 4'5 y 6'0
No polucionadas	"	más de 6'0

1-E.

Río Ebro en el embalse de Sobrón

Potabilidad

Son aguas potables, aunque tienen un contenido excesivo en materia orgánica: 3'6 mg/l de oxígeno absorbido por el KMnO_4 .

Riegos

Conductividad específica	391 $\mu\Omega^{-1} \text{ cm}^{-1}$
Residuo a 110°C	330 mg/l
R A S	0,42
Por ciento de sodio	12'6
Por ciento de calcio	68'5
Carbonato sódico residual	-2'32
Indice de SCOTT	83'6

Con arreglo a su conductividad y R A S pertenecen al grupo $\text{C}_2\text{-S}_1$ de la clasificación de WILCOX-THORNE.

Son aguas buenas para el riego según las normas españolas y la clasificación de la Universidad de California.

No poseen carbonato sódico residual y su índice de SCOTT indica también que no presentan peligro de alcalinización.

Geoquímica

Son aguas de dureza media y mineralización ligera (Clase 3^a de la clasificación de G. NOISSETTE).

"Aguas bicarbonato-sulfatadas-cálcicas".

Indice de cambio de bases	0'044
Indice de desequilibrio	0'0087

Polución

Oxígeno disuelto	7'46 mg/l
------------------	-----------

Valor que, unido al de la materia orgánica, nos las presenta como no polucionadas.

2-E.

Ebro poco antes de Haro

Potabilidad

Aguas potables pero con muy elevado contenido de materia orgánica: 4'7 mg/l de oxígeno absorbido por el KMnO_4 .

Riegos

Conductividad específica	481 $\mu\Omega^{-1} \text{ cm}^{-1}$
Residuo a 110°C	396 mg/l
R A S	0'97
Por ciento de sodio	24'2
Por ciento de calcio	62'0
Carbonato sódico residual	-1'78
Indice de SCOTT	54'5

Pertenecen al grupo $\text{C}_2\text{-S}_1$. Son buenas para el riego según todos los criterios.

Geoquímica

Aguas de dureza media y mineralización ligera, bi-carbonato-sulfatadas-cálcicas.

Indice de cambio de bases	-0'58
Indice de desequilibrio	-0'121

Polución

Oxígeno disuelto	5'58 mg/l
------------------	-----------

Estas aguas están ligeramente polucionadas.

3-T.

Tirón en Haro

Potabilidad

Sus aguas son potables, con aceptable contenido de materia orgánica: 2'0 mg/l de Oxígeno absorbido por el KMnO_4 .

Riegos

Conductividad específica	472 $\mu\Omega^{-1} \text{ cm}^{-1}$
Residuo a 110°C	430 mg/l
R A S	0'42
Por ciento de sodio	11'4
Por ciento de calcio	74'7
Carbonato sódico residual	-3'98
Indice de SCOTT	137

Pertenecen al grupo $\text{C}_2\text{-S}_1$ y son buenas para el riego según todos los criterios.

Geoquímica

Son aguas de dureza media y mineralización ligera. Sulfatadas-cálcicas.

Indice de cambio de bases	-1'09
Indice de desequilibrio	-0'075

Polución

Oxígeno siduelto	6'88 mg/l
------------------	-----------

Este dato, unido al de la materia orgánica nos las presenta como aguas no polucionadas.

4-N.

Najerilla entre Nájera y Baños del río Tobío

Son potables con menos materia orgánica que las de la estación anterior: 1'7 mg/l de oxígeno absorbido por el KMnO_4 .

Riegos

Conductividad específica	213 $\mu\Omega^{-1} \text{ cm}^{-1}$
Residuo a 110°C	158 mg/l
R A S	0'25
Por ciento de sodio	10'3
Por ciento de calcio	76'0
Carbonato sódico residual	-0'69
Indice de SCOTT	372

Pertenecen al grupo $\text{C}_1\text{-S}_1$ y son buenas para el riego según todas las clasificaciones.

Geoquímica

Son aguas dulces pero con mineralización ligera, que podríamos denominar, bicarbonatadas-cálcicas.

Indice de cambio de bases	-0'53
Indice de desequilibrio	-0'048

Polución

Oxígeno disuelto

7'00 mg/l

No polucionadas.

5-E.

Ebro en Logroño

Potabilidad

Son potables, pero con muy elevado contenido de materia orgánica: 4'8 mg/l de oxígeno absorbido por el KMnO_4 .

Riegos

Conductividad específica	450 $\mu\Omega^{-1} \text{ cm}^{-1}$
Residuo a 110°C	388 mg/l
R A S	0'76
Por ciento de sodio	20'1
Por ciento de calcio	56'9
Carbonato sódico residual	-2'38
Indice de SCOTT	68'6

Pertenecen al grupo $\text{C}_2\text{-S}_1$ y son buenas para el riego según todos los criterios.

Geoquímica

Aguas de dureza media y mineralización ligera, sulfato-bicarbonatadas-cálcicas.

Indice de cambio de bases	-0'57
Indice de desequilibrio	-0'097

Polución

Oxígeno disuelto

5'51 mg/l

Ligeramente polucionadas.

6-E.

Ega en Estella

Potabilidad

Potables pero con elevada cantidad de materia orgánica: 3'7 mg/l de oxígeno absorbido por el KMnO_4 .

Riegos

Conductividad específica	639 $\mu\Omega^{-1} \text{ cm}^{-1}$
Residuo a 110°C	506 mg/l
R A S	1'65
Por ciento de sodio	35'4
Por ciento de calcio	55'7
Carbonato sódico residual	-1'84
Indice de SCOTT	23'8

Pertenecen al grupo $\text{C}_2\text{-S}_1$ y son buenas para el riego según todos los criterios.

Geoquímica

Son aguas de dureza media y mineralización ligera, aunque respecto a su residuo casi se las puede considerar pertenecientes a la clase 4^a, de "Aguas netamente duras y de mineralización notable".

Son aguas bicarbonato-cloruradas-calcio-sódicas.

Indice de cambio de bases	-0'038
Indice de Desequilibrio	-0'0216

Polución

Oxígeno disuelto	6'6 mg/l
------------------	----------

No polucionadas.

7-Ar.

Arga en Larraga

Potabilidad

Aguas potables, pero con ligero exceso de materia orgánica: 3'4 mg/l de oxígeno absorbido por el KMnO_4 .

Riegos

Conductividad específica	775 $\mu\Omega^{-1} \text{ cm}^{-1}$
Residuo a 110°C	548 mg/l
R A S	3'38
Porciento de sodio	53'8
Porciento de calcio	35'3
Carbonato sódico residual	-1'71
Indice de SCOTT	12'3

Pertenecen al grupo $\text{C}_3\text{-S}_1$ es decir, sólo deben emplearse para el riego de plantas con una gran resistencia a la salinidad y se necesitan técnicas adecuadas para el control de esta.

Su índice de SCOTT nos indica que el agua es sólo tolerable y existe el peligro de la acumulación gradual de álcalis.

El porciento de calcio es bajo y el de sodio elevado, por lo que se encuentran en el límite para ser consideradas aguas buenas para el riego según las normas españolas y las de la Universidad de California.

Geoquímica

Aguas de mineralización notable aunque su dureza no es elevada, por lo que no pertenecen exactamente a la clase 4^a de G. NOISSETTE. Podríamos considerarlas, aguas de dureza

media y mineralización notable, cloruro-bicarbonatadas, sodio-cálcicas.

Indice de cambio de bases	-0'049
Indice de desequilibrio	-0'0616

Polución

Oxígeno disuelto	4'80 mg/l
------------------	-----------

Ligeramente polucionadas.

8-A.

Aragón en Caparroso

Potabilidad

Son aguas potables, pero con exceso de materia orgánica: 4'0 mg/l de oxígeno absorbido por el KMnO_4 .

Riegos

Conductividad específica	320 $\mu\Omega^{-1} \text{cm}^{-1}$
Residuo a 110°C	246 mg/l
R A S	0'68
Por ciento de sodio	21'7
Por ciento de calcio	49'1
Carbonato sódico residual	-0'92
Indice de SCOTT	86'5

Pertenecen al grupo $\text{C}_2\text{-S}_1$ y son buenas para el riego según todos los criterios adoptados.

Geoquímica

Aguas de dureza media y mineralización ligera, bi-carbonatadas-calcio-magnésicas.

Indice de cambio de bases	-0'28
Indice de desequilibrio	-0'0736

Polución

Oxígeno disuelto	7'04 mg/l
------------------	-----------

No polucionadas.

9-E.

Ebro en Tudela

Potabilidad

Aguas potables, pero con exceso de materia orgánica;
4'3 mg/l de oxígeno absorbido por el KMnO_4 .

Riegos

Conductividad específica	716 $\mu\Omega^{-1} \text{cm}^{-1}$
Residuo a 110°C	590 mg/l
R A S	2'26
Porciento de sodio	42'2
Porciento de calcio	40'7
Carbonato sódico residual	-2'48
Indice de SCOTT	18'6

Pertenecen al grupo $\text{C}_2\text{-S}_1$ y son buenas para el riego según todos los criterios elegidos, aunque de acuerdo con su índice de SCOTT que es muy poco superior a 18, se encuentran en el límite para poder ser consideradas como aguas que pueden ser empleadas durante muchos años sin ninguna clase de precauciones.

Geoquímica

Aguas de mineralización notable, pero de dureza media;

cloruro-sulfato-bicarbonatadas-sodio-cálcicas.

Indice de cambio de bases	-0'158
Indice de desequilibrio	-0'0996

Polución

Oxígeno disuelto	5'96 mg/l
------------------	-----------

Ligeramente polucionadas.

10-J.

Jalón en Alagón

Potabilidad

Aguas sanitariamente tolerables ya que su residuo fijo excede en casi 100 mg/l de la cantidad considerada como conveniente. Sin embargo, su contenido en materia orgánica es ligeramente inferior al admisible, concretamente 2'9 mg/l de oxígeno absorbido por el KMnO_4 .

También es excesivo su contenido de sulfatos.

Riegos

Conductividad específica	957 $\mu\Omega^{-1} \text{ cm}^{-1}$
Residuo a 110°C	844 mg/l
R A S	1'99
Por ciento de sodio	33'2
Por ciento de calcio	34'9
Carbonato sódico residual	-5'19
Indice de SCOTT	17'4

Pertenecen al grupo $\text{C}_3\text{-S}_1$, es decir presentan una excesiva salinidad.

Su índice de SCOTT es inferior a 18 por lo que hay

que precaverse del peligro de alcalinización y según las normas españolas están casi en el límite para ser consideradas aguas buenas para el riego, ya que su porcentaje de calcio es ligeramente inferior al 35 que es el mínimo recomendable.

Geoquímica

Son aguas netamente duras y de mineralización notable, sulfato-cloruradas-calcio-sodio-magnésicas.

Indice de cambio de bases	-0'290
Indice de desequilibrio	-0'111

Polución

Oxígeno disuelto	5'79 mg/l
------------------	-----------

Ligeramente polucionadas.

11-E.

Ebro en Zaragoza

Potabilidad

Aguas sanitariamente tolerables, debido a su excesiva cantidad de residuo fijo, sulfatos, calcio y materia orgánica: 3'7 mg/l de oxígeno absorbido por el KMnO_4 .

Riegos

Conductividad específica	1193 $\mu\Omega^{-1} \text{ cm}^{-1}$
Residuo a 110°C	942 mg/l
R A S	3'50
Porciento de sodio	47'2
Porciento de calcio,	38'6
Carbonato sódico residual	-4'88
Indice de SCOTT	10'4

Pertenecen al grupo $\text{C}_3\text{-S}_1$ es decir tienen excesiva

salinidad.

Su índice de SCOTT es muy bajo, lo que nos indica que estas aguas presentan peligro de acumulación de álcalis, si no se trata de terrenos muy permeables.

Geoquímica

Aguas netamente duras y de mineralización notable, sulfato-cloruradas-sodio-cálcicas.

Indice de cambio de bases	-0'32
Indice de desequilibrio	-0'196

Polución

Oxígeno disuelto	5'74 mg/l
------------------	-----------

Ligeramente polucionadas.

12-G.

Gállego en Zaragoza (20-5-64)

Potabilidad

Las aguas son potables, pero con elevada cantidad de materia orgánica: 3'6 mg/l de oxígeno absorbido por el KMnO_4 .

Riegos

Conductividad específica	877 $\mu\Omega^{-1} \text{ cm}^{-1}$
Residuo a 110°C	676 mg/l
R A S	3'38
Por ciento de sodio	52'0
Por ciento de calcio	33'8
Carbonato sódico residual	-2'78
Indice de SCOTT	12'6

Pertenecen al grupo $\text{C}_3\text{-S}_1$. Tienen muy elevado por-

centaje de sodio y demasiado bajo el porcentaje de calcio.

Su índice de SCOTT indica que será necesario preverse del peligro de acumulación de álcalis.

Geoquímica

Son aguas de mineralización notable y dureza media, cloruro-sulfatadas-sodio-cálcicas.

Indice de cambio de bases	-0'201
Indice de desequilibrio	-0'179

Polución

Oxígeno disuelto	4'90 mg/l
Ligeramente polucionadas.	

13-G.

Gállego en Senegüé

Potabilidad

Las aguas son potalbes. Materia orgánica: 1'5 mg/l de oxígeno absorbido por el KMnO_4 .

Riegos

Conductividad específica	208 $\mu\Omega^{-1} \text{ cm}^{-1}$
R A S	0'32
Porciento de sodio	9'10
Porciento de calcio	66'7
Carbonato sódico residual	-1'97
Indice de SCOTT	416

Son aguas buenas para el riego de acuerdo con todos los criterios adoptados y pertenecen al grupo C_1-S_1 de la cla-

sificación de WILCOX-THORNE.

Geoquímica

Son aguas de mineralización ligera, sulfato-bicarbonatadas-cálcicas.

Indice de cambio de bases	-0'226
Indice de desequilibrio	-0'0313

Polución

Oxígeno disuelto	7'10 mg/l
------------------	-----------

No polucionadas.

14-G.

Gállego en Zaragoza (9-9-64)

Potabilidad

Aguas impotables, con un contenido de materia orgánica verdaderamente extraordinario: 41'4 mg/l de oxígeno absorbido por el KMnO_4 .

Como puede deducirse de su conductividad específica, su residuo fijo está muy cerca del límite máximo, y son también excesivas las cantidades de cloruros y sulfatos.

Riegos

Conductividad específica	1503 $\mu\Omega^{-1} \text{ cm}^{-1}$
R AS	4'88
Porciento de sodio	55'4
Porciento de calcio	29'3
Carbonato sódico residual	-4'71
Indice de SCOTT	6'39

Pertenecen al grupo C_3-S_1 de la clasificación de WILCOX-THORNE y son aguas malas para el riego, según todos los criterios elegidos. El índice de SCOTT es el más bajo de todas las muestras analizadas.

Geoquímica

Aguas netamente duras y fuertemente mineralizadas, cloruro-sulfatadas-sodio-cálcicas.

Indice de cambio de bases	-0'078
Indice de desequilibrio	-0'077

Polución

Oxígeno disuelto	2'99 mg/l
------------------	-----------

Muy polucionadas.

15-E.

Ebro en Caspe

Potabilidad

Aguas sanitariamente tolerables, ya que su residuo es muy superior a la cantidad considerada como conveniente. Superan también estos límites los cloruros, sulfatos, calcio, magnesio y materia orgánica.

El valor de ésta es de 3'4 mg/l de oxígeno absorbido por el $KMnO_4$.

Riegos

Conductividad específica	1515 $\mu\Omega^{-1} \text{ cm}^{-1}$
Residuo a 110°C	1230 mg/l
R A S	3'40
Porciento de sodio	42'0

Porciento de calcio	33'8
Carbonato sódico residual	-9'15
Indice de SCOTT	7'74

Pertenecen al grupo C_3-S_1 , es decir poseen excesiva salinidad para la mayor parte de los cultivos.

Presentan también peligro de acumulación de álcalis como puede deducirse del valor de su índice de SCOTT, muy inferior a 18.

Según las normas españolas son aguas malas para el riego, tanto por la elevada cantidad de sólidos disueltos, como por el bajo porcentaje de calcio que contienen.

Geoquímica

Son aguas netamente duras y fuertemente mineralizadas (clase 4ª y 5ª respectivamente de la clasificación de G. NOISSETTE).

Sulfato-cloruradas-sodio-cálcicas.

Indice de cambio de bases	-0'127
Indice de desequilibrio	-0'0766

Polución

Oxígeno disuelto	6'67 mg/l
------------------	-----------

No polucionadas.

16-S.

Segre en Serós

Potabilidad

Aguas potables, con una cantidad de materia orgánica inferior, pero muy próxima al límite conveniente. Esta es: 2'9 mg/l de oxígeno absorbido por el $KMnO_4$.

Riegos

Conductividad específica	405 $\mu\Omega^{-1} \text{ cm}^{-1}$
Residuo a 110°C	348 mg/l
R A S	0'47
Por ciento de sodio	12'9
Por ciento de calcio	61'4
Carbonato sódico residual	-3'44
Indice de SCOTT	71'2

Pertenecen estas aguas al grupo C_2-S_1 y son buenas para el riego según todos los criterios adoptados.

Geoquímica

Aguas de dureza media y mineralización ligera, sul-fato-bicarbonatadas-cálcicas.

Indice de cambio de bases	0'0125
Indice de desequilibrio	0'0021

Polución

Oxígeno disuelto	6'86 mg/l
------------------	-----------

No polucionadas.

17-C.

Cinca en Fraga

Potabilidad

Son aguas potables, con muy bajo contenido de materia orgánica, igual a las del río Najerilla entre Nájera y Baños del Río Tobío y muy poco más que las del Gállego en Seneg (1'7 mg/l de oxígeno absorbido por el KMnO_4).

Riegos

Conductividad específica	590 $\mu\Omega^{-1} \text{ cm}^{-1}$
Residuo a 110°C	432 mg/l
R A S	1'19
Porciento de sodio	25'9
Porciento de calcio	44'6
Carbonato sódico residual	-3'83
Indice de SCOTT	34'0

Pertenecen al grupo C_2-S_1 y son buenas para el riego según todas las clasificaciones.

Geoquímica

Son aguas de dureza media y mineralización ligera, sulfato-bicarbonatadas-calcio-magnesio-sódicas.

Indice de cambio de bases	-0'274
Indice de desequilibrio	-0'084

Polución

Oxígeno disuelto	7'20 mg/l
------------------	-----------

No polucionadas.

18-E.

Ebro en Mequinenza antes de la desembocadura del Segre

Potabilidad

Aguas sanitariamente tolerables debido a su elevado contenido de sólidos disueltos, cloruros, sulfatos, calcio y magnesio. También es excesiva la cantidad de materia orgánica: 3'2 mg/l de oxígeno absorbido por el KMnO_4 .

Riegos

Conductividad específica	1666 $\mu\Omega^{-1} \text{ cm}^{-1}$
Residuo a 110°C	1382 mg/l
RAS	3'54
Porciento de sodio	41'0
Porciento de calcio	33'0
Carbonato sódico residual	-10'36
Índice de SCOTT	7'35

Pertenecen al grupo C_3-S_1 , de la clasificación de WILCOX-THORNE, es decir, poseen excesiva salinidad.

Su índice de SCOTT indica que se trata de aguas con las que hay que precaverse del peligro de acumulación de álcalis. De entre las analizadas sólo son de inferior calidad en lo referente a este índice, las del Gállego en Zaragoza (14-G).

Según las normas españolas son aguas malas para el riego.

Geoquímica

Aguas extremadamente duras y fuertemente mineralizadas, sulfato-cloruradas-sodio-calcio-magnésicas.

Índice de cambio de bases	-0'202
Índice de desequilibrio	-0'107

Polución

Oxígeno disuelto	6'82 mg/l
------------------	-----------

No polucionadas.

Alcanadre en Ballobar

Potabilidad

Aguas sanitariamente tolerables, con excesivas cantidades de residuo fijo, sulfatos, calcio y materia orgánica que adquiere el valor de 3'4 mg/l de oxígeno absorbido por el KMnO_4 .

Riegos

Conductividad específica	1212 $\mu\Omega^{-1} \text{ cm}^{-1}$
Residuo a 110°C	984 mg/l
R A S	2'74
Porciento de sodio	39'6
Porciento de calcio	37'0
Carbonato sódico residual	-6'65
Indice de SCOTT	11'8

Pertenecen al grupo $\text{C}_3\text{-S}_1$ de la clasificación WIL-COX-THORNE.

El valor de su índice de SCOTT indica que presentan peligro de acumulación de álcalis.

Geoquímica

Son aguas netamente duras y de mineralización notable, sulfato-cloruradas-sodio-cálcicas.

Indice de cambio de bases	-0'248
Indice de desequilibrio	-0'117

Polución

Oxígeno disuelto	5'66 mg/l
------------------	-----------

Ligeramente polucionadas.

20-A.

Aragón en Jaca

Potabilidad

Son aguas potables. Su cantidad de materia orgánica 1'7 mg/l de oxígeno absorbido por el KMnO_4 .

Riegos

Conductividad específica	230 $\mu\Omega^{-1} \text{ cm}^{-1}$
Residuo a 110°C	192 mg/l
R A S	0'11
Por ciento de sodio	4'4
Por ciento de calcio	76'0
Carbonato sódico residual	1'23

Pertenecen al grupo $\text{C}_1\text{-S}_1$ de la clasificación de WILCOX-THORNE.

Son excelentes aguas para el riego según todos los criterios adoptados.

Geoquímica

Son aguas de dureza media y mineralización ligera, aunque casi en el límite inferior del grupo, por lo que también podría considerárselas "aguas dulces con débil mineralización".

Bicarbonato-sulfatadas-cálcicas.

Indice de cambio de bases	0'625
Indice de desequilibrio	0'0948

Polución

Oxígeno disuelto	7'65 mg/l
------------------	-----------

No polucionadas.

Desde el punto de vista geoquímico, la clasificación que corresponde a todas las muestras, puede comprobarse en la Graf. XI, construída con los datos que figuran en la TABLA 46.

Estudio comparativo de la calidad de las aguas en las distintas estaciones de muestreo.

En relación con la variación de la calidad de las aguas a lo largo del río, así como con la influencia de los aportes laterales, nos encontramos que el residuo fijo es máximo en Zaragoza con 658 mg/l de media, frente a los 294 mg/l en Miranda y a los 481 mg/l en Flix.

El muestreo general nos pone de manifiesto el enorme poder de dilución que tiene la tupida red fluvial del Cinca-Segre (MAPA III), ya que los valores del residuo fijo son 1230 mg/l para el Ebro en Caspe y 1382 mg/l en Mequinenza, antes de confluirle la red fluvial citada que tiene: el Segre 348 mg/l y el Cinca 432 mg/l.

Por lo demás, observando los datos del muestreo general, se ve la influencia ya sea de dilución o de concentración de los aportes laterales al río principal.

Sobre la materia en suspensión, no podemos sacar conclusiones válidas por la alteración que el hombre ha ejercido sobre los cauces naturales de los ríos con vistas al aprovechamiento de los mismos, como por ejemplo en Flix donde se tomaron las muestras a la salida de la presa de la central eléctrica. No obstante, se observan valores altos en la estación VI (Cinca) y sobre todo en la II (Zaragoza), con una media de 297 mg/l (irregularidad 142), cosa nada de extrañar para cualquiera que haya tenido que beber el agua de abastecimiento de la ciudad.

Los carbonatos y bicarbonatos siguen una línea irregular, aunque con variaciones pequeñas en todos los valores hallados, ya que la media más baja, ha sido la de la estación V con 98 mg/l de bicarbonatos y la más alta 147 en la estación II.

El por ciento de carbonatos más bicarbonatos a lo largo del Ebro es máximo en Miranda con 51 % y mínimo en Zaragoza con 27'7%. El máximo valor absoluto lo da el Aragón en Jaca con 64'0%. Algo análogo sucede en el muestreo general con mínimos de 81 mg/l y máximos de 194 mg/l.

Los cloruros y los sulfatos siguen una marcha paralela a lo largo del Ebro, encontrándose un máximo en Zaragoza en la media de estos valores.

El máximo por ciento de cloruros y sulfatos para el río principal lo da Zaragoza con valores de 34'4 y 33'6 respectivamente, siendo además el por ciento de cloruros el máximo absoluto de las seis estaciones de muestreo y el por ciento de sulfatos el tercero, superado por la estación V (35'4) y la estación VI (34'2). Esto hace que el por ciento de sulfatos en la estación III (32'8) difiera poco del de Zaragoza (33'6).

Es de resaltar que el por ciento de cloruros más bajo lo da la estación IV (río Aragón en Jaca), lo que con los valores hallados para las estaciones V (13'6) y I (15'3) nos indica que es una característica de las estaciones que están situadas en cabecera.

Si nos fijamos en las relaciones aniónicas $\text{Cl}^-/\text{SO}_4^{=}$ y $\text{Cl}^- + \text{SO}_4^{=} / \text{CO}_3^{=} + \text{CO}_3\text{H}^-$ nos encontramos que la primera es siempre menor que la unidad excepto en Zaragoza donde adquiere el valor 1'02. Respecto a la segunda relación, el valor mínimo (0,374) lo adquiere la estación IV como corresponde a una estación muy próxima a la cabecera; después sigue la estación I, correspondiente a la cabecera del Ebro con 0'771. Todos los demás valores son superiores a la unidad llegando en Zaragoza al valor 2'42.

Si nos fijamos en el por ciento de calcio frente al total de cationes, nos encontramos que sigue una pauta análoga al por ciento de carbonatos más bicarbonatos, dándonos el máximo Miranda con 59'8% y el mínimo Zaragoza con 43'5%. Sin embargo, el por ciento de magnesio va creciendo a lo largo del río, desde 16'5% en Miranda hasta 20'8% en Flix, hecho que se manifiesta en los valores que adquiere la relación $\text{Ca}^{++}/\text{Mg}^{++}$.

Es interesante observar los valores que adquiere la relación $\text{SO}_4^{=}/\text{Ca}^{++} + \text{Mg}^{++}$, valores que aumentan progresivamente a lo largo del río hasta Mequinenza, adquiriendo en Flix un valor ligeramente inferior al de Zaragoza por la influencia tantas veces repetida de la red fluvial pirenaica.

El muestreo general nos indica de una manera clara y rotunda la marcha de estos iones a lo largo del río manifestando que el máximo valor de los mismos no es en Zaragoza, sino en Mequinenza, antes de la confluencia de la red de afluentes pirenaicos, que por llevar un caudal muy semejante al del Ebro ejercen sobre él un poder diluyente de decisiva importancia.

Si observamos lo que ocurre con los iones alcalinos veremos que su evolución es inversa a lo largo del río, cosa lógica por otra parte. En efecto, el porcentaje mayor de sodio y el menor de potasio lo da el Ebro en Zaragoza, o sea que cuando más próxima a cabecera se encuentre la estación de muestreo, mayor será el porcentaje de potasio y menor el de sodio evolucionando a lo largo del río como se ha dicho anteriormente.

En efecto, la ordenación de las estaciones con arreglo a los porcentajes de sodio y potasio es la siguiente:

Estación	Porcentaje de sodio	Porcentaje de potasio
II	38'1	0'60
VI	34'1	0'60
I	22'8	0'70
V	22'4	0'74
VI	18'5	0'90

que como se ve, coincide con su situación más o menos próxima a la cabecera de los ríos.

Hemos prescindido de dar los datos de la estación

III, ya que en ella, como repetidamente hemos indicado, están los resultados enmascarados por el aporte de la ramificación Cinca-Segre, de caudal aproximadamente igual al que lleva el Ebro antes de la confluencia de estos importantes ríos pirenaicos.

El aumento del porcentaje de sodio a lo largo del río, nos permite deducir el de la relación Na^+/K^+ , ocurriendo lo mismo con las $\text{Na}^+/\text{Mg}^{++}$, $\text{Na}^+/\text{Ca}^{++}$, Cl^-/Na^+ y $\text{Na}^+ + \text{K}^+/\text{Ca}^{++} + \text{Mg}^{++}$, siendo válido para éstas todo lo dicho para el porcentaje de sodio.

Al ordenar los porcentajes de sílice nos encontramos con que el máximo lo da la estación IV, con 6'5; viene después la I, con 4'6, siguiéndole la V con 4'5: a continuación la VI con 3'3, siendo la de menor contenido la II con 1'9, observándose la evolución de la sílice a lo largo del río.

CONCLUSIONES

1) - Se establece una relación entre las irregularidades intermensuales de la pluviometría (cantidad total de agua caída en la cuenca) y el residuo fijo, materia en suspensión y caudal medio de los dos años estudiados en la estación de Flix, observándose que existe una relación directa entre las irregularidades de la pluviometría y el caudal e inversa entre las de estas dos magnitudes y la materia en suspensión, según puede deducirse de los datos siguientes:

Año	Irregularidades			
	Pluviometría	Residuo fijo	Materia en suspensión	Caudal medio mensual
1961-62	10'5	1'47	2'38	91'4
1962-63	1'89	1'73	10'5	3'06

La irregularidad del residuo fijo prácticamente no varía, siendo ligeramente superior la del segundo año a la del primero.

2) - La variación pluviométrica en los dos años considerados se manifiesta de una manera clara en la cantidad total de materia en suspensión transportada por los ríos.

En el primer año, que es mucho mayor la irregularidad de las precipitaciones, son también mucho mayores las cantidades de materia en suspensión aportadas a las distintas estaciones (TABLA 17).

Se exceptúan sin embargo, los puntos:

II (Ebro en Zaragoza), y
VI (Cinca en Fraga),

que presentan su máxima cantidad de materia en suspensión en

el año hidrológico 1962-63.

Se estudian también las variaciones del caudal en los distintos meses en las estaciones del muestreo bianual (Grafs. III y IV) y la relación entre las precipitaciones totales de la cuenca y las aportaciones mensuales en la estación de Flix, la más próxima a la desembocadura (Gráf. V.).

3) - La irregularidad del caudal del río Ebro es la menor entre todas las de los ríos largos de la Península en su tramo final. Presenta un valor máximo en Zaragoza, tanto para la interanual, como para la intermensual, alcanzando en el año 1961-62 el valor de 26,65. El máximo caudal de las tres estaciones estudiadas es el de Flix.

De los afluentes pirenaicos considerados para el muestreo bianual la máxima irregularidad la presenta el Noguera Ribagorzana en la Piñana y el máximo caudal el río Cinca en Fraga.

Los estiajes se presentan en el Ebro en los meses de verano, apareciendo en Miranda de Julio a Octubre, si bien con preferencia de Agosto a Septiembre. La época de los grandes estiajes se limita cada vez más a medida que avanza el curso del río, de modo que en Flix y Tortosa quedan reducidos a la segunda quincena de Agosto y primeros días de Septiembre.

Los afluentes pirenaicos presentan crecidas y estiajes de primavera-otoño y verano-invierno respectivamente.

4) - Se calculan los coeficientes de suspensión en cada una de las estaciones obteniéndose los valores que figuran en el cuadro que damos a continuación.

Como puede observarse, el máximo valor corresponde al río Cinca en Fraga, siguiéndole el río Ebro en Zaragoza.

El valor negativo del Ebro en Flix se explica por la gran dilución debida a la confluencia de los ríos pirenaicos, así como por la sedimentación en el embalse de Flix.

Río	Estación	Coeficiente de suspensión
Ebro	I	0'111
"	II	0'84
"	III	0'69
Aragón	IV	0'37
N. Ribagorzana	V	0'22
Cinca	VI	1'34

5) - La cantidad media de materia en suspensión transportada por año es máxima para el Ebro en Zaragoza, y mínima para el Aragón en Jaca.

Los valores en las distintas estaciones, así como los porcentajes del caudal que representan en cada punto son:

Río	Estación	Materia en suspensión (Tm)	Porcentaje del caudal
Ebro	I	50.200	0,002
"	II	3.281.000	0,029
"	III	2.241.000	0,011
Aragón	IV	3.350	0,0011
N. Ribagorzana	V	10.810	0,0014
Cinca	VI	745.000	0,021

6) - Se estudian las sales solubles de 44 muestras de litofacies representativas de la cuenca, deduciendo las que principalmente influyen en la composición química de las aguas de los ríos.

El roquedo terciario es el principal aportador de sulfatos y cloruros. En la cabecera del Ebro los ríos de la margen izquierda son normalmente más ricos en cloruros que los de la derecha. Estos, sin embargo, son más ricos en sulfatos.

Como puede deducirse de la comparación del Mapa I y la TABLA 20 hay predominio de cloruros en las muestras tomadas en los valles de los ríos Najerilla, Alhama y Jalón y en el Páramo de La Muela. Existen elevadas cantidades de sulfatos solubles en La Muela y en las cercanías de Mequinenza, así como también en las muestras tomadas en Caparroso y en el valle del Gállego.

7) - Se dan los datos físicos de las estaciones del muestreo bianual, así como la composición química media de las aguas de los ríos en estos puntos. También se consideran las irregularidades de los distintos iones y sus variaciones estacionales.

En relación con la materia disuelta, las cantidades totales transportadas por año, así como los porcentajes del caudal que representan en cada una de las estaciones son:

Río	Estación	Residuo fijo (Tm)	Porcentaje del caudal
Ebro	I	649.000	0,029
"	II	7.260.000	0,065
"	III	9.550.000	0,048
Aragón	IV	52.400	0,017
N. Ribagorzana	V	207.000	0,027
Cinca	VI	1.450.000	0,041

Como puede comprobarse el máximo aparece en la es-

tación III (Ebro en Flix), aunque el mayor porcentaje del caudal es el del Ebro en Zaragoza (Estación II).

Para la obtención de estos valores, así como los de la conclusión 5), nos hemos basado en los de la aportación media de los dos años estudiados.

8) - Las cantidades medias de sulfatos transportadas por año, así como los porcentajes del total de materia disuelta que ellas representan son respectivamente:

Río	Estación	Sulfatos Tm	Sulfatos % del residuo fiio
Ebro	I	120.000	18,6
"	II	1.710.000	23,5
"	III	2.300.000	24,0
Aragón	IV	7.840	14,9
N. Ribagorzana	V	55.900	26,9
Cinca	VI	366.050	25,2

Los máximos porcentajes corresponden a las estaciones V y VI, lo cual se explica perfectamente por los resultados obtenidos en el análisis de las sales solubles.

Ninguna de las aguas del muestreo bianual es seletitosa, aunque sí lo son las correspondientes a las muestras 13-G, 15-E, 18-E y 19A1, del muestreo general, que fueron tomadas en los siguientes puntos:

Río Gállego en Zaragoza (9.9.64)
Río Ebro en Caspe
Río Ebro en Mequinenza y
Río Alcanadre en Ballobar

Todas ellas poseen más de 300 mg/l de ión sulfato, presentando el valor máximo las del Ebro en Mequinenza (570 mg/l).

9) - La relación entre la materia disuelta y en suspensión es máxima en la estación V (Noguera Ribagorzana en La Piñana) y mínima en la VI (Cinca en Fraga).

Los valores calculados para las distintas estaciones son:

Ri6	Estación	Relación R : Ms
Ebro	I	13,0
"	II	2,22
"	III	4,26
Aragón	IV	15,6
N. Ribagorzana	V	19,2
Cinca	VI	1,95

Se explica el máximo de la estación V, teniendo en cuenta que las muestras se toman a la salida del embalse de Santa Ana, donde ha tenido lugar una importante sedimentación.

10) - Los coeficientes de disolución, erosión y selenitoso en las distintas estaciones son:

Río	Estación	Coeficiente de disolución	Coeficiente de erosión	Coeficiente selenitoso
Ebro	I	1,44	1,55	0,27
"	II	1,12	1,96	0,31
"	III	-0,66	-1,35	-0,15
Aragón	IV	5,84	6,21	0,87
N. Ribagorzana	V	4,23	4,45	1,14
Cinca	VI	2,61	3,95	0,76

El valor negativo de la estación III, lo explicamos por el efecto diluyente de los afluentes pirenaicos.

11) - En las estaciones del muestreo bianual existe una elevada correlación entre la conductividad específica a 10°C y la cantidad de sólidos disueltos, tanto si se la expresa en miligramos como en miliequivalentes por litro.

Los valores hallados han sido los siguientes:

Río	Estación	Correlación Cp - mg/l	Correlación Cp - me/l
Ebro	I	0,885	0,876
"	II	0,936	0,952
"	III	0,876	0,814
Aragón	IV	0,641	0,612
N. Ribagorzana	V	0,806	0,843
Cinca	VI	0,908	0,895

Todas son positivas y el valor mínimo lo presenta la estación IV (río Aragón en Jaca).

Este hecho lo explicamos por la existencia de mayor cantidad de gases y escasa concentración de sólidos disueltos, ya que se trata de un punto muy en la cabecera del río, factores ambos que contribuyen a que sean muy grandes los errores relativos en las medidas de conductividad.

Asimismo se demuestra que es impreciso establecer con carácter general relaciones del tipo:

$$\frac{\text{Residuo fijo}}{\text{Conductividad específica}} = A$$

si no se fija la clase de aguas a que debe aplicarse, ya que

el factor A puede llegar a adquirir valores superiores a la unidad en aguas con excesiva cantidad de sulfatos.

12) - Las aguas de los puntos estudiados en el muestreo bianual son todas potables, aunque con excesiva cantidad de materia orgánica, lo que aconseja someterlas a un tratamiento adecuado si se las quiere utilizar para la bebida y usos domésticos. Solamente las del río Aragón en Jaca y las del río Cinca en Fraga, presentan una media de materia orgánica igual al límite máximo tolerable, aun cuando este límite se ha sobrepasado en muchos de los meses estudiados.

De las aguas tomadas en el muestreo general, aún cuando no pueden deducirse conclusiones por el análisis de una sola muestra, podemos afirmar que en este día eran potables de acuerdo con las Normas de Calidad de Aguas del Instituto de Hidrología, las del:

Río Tirón en Haro (3-T)
Río Najerilla entre Nájera y Baños del Río Tobío (4-N)
Río Gállego en Senegüé (13-G)
Río Segre en Serós (16-S)
Río Cinca en Fraga (17-C) y
Río Aragón en Jaca (20-A)

Eran sanitariamente tolerables, debido a su excesiva proporción de sólidos disueltos, las del

Río Jalón en Alagón (10-J)
Río Ebro en Zaragoza (11-E)
Río Ebro en Caspe (15-E)
Río Ebro en Mequinenza (18-E) y
Río Alcanadre en Ballobar (19-A1)

Todas las demás, aunque son potables, tienen cantidades excesivas de materia orgánica, destacando el contenido verdaderamente extraordinario de la muestra tomada en el río Gállego en Zaragoza el día 9 de Septiembre de 1964 (14-G).

13) - Respecto a su aptitud para el riego (Normas del Instituto de Hidrología) podemos decir que desde el punto de vista de su análisis químico, todas las aguas analizadas son buenas, excepto las del:

Río Ebro en Zaragoza
Río Arga en Larraga
Río Jalón en Alagón
Río Gállego en Zaragoza
Río Ebro en Caspe
Río Ebro en Mequinenza y
Río Alcanadre en Ballobar.

Todas estas presentan peligro de acumulación de sales y álcalis por lo que sólo deberán emplearse en terrenos muy permeables.

Las de mejor calidad son las del:

Río Aragón en Jaca
Río Najerilla entre Nájera y Baños del río Tobío y
Río Gállego en Senegüé.

14) - Respecto a su mineralización y dureza podemos considerar:

Estación

I	Aguas de dureza media y mineralización ligera
II	Aguas de dureza media y mineralización notable
III	Aguas de dureza media y mineralización ligera
IV	Aguas dulces y con débil mineralización
V	Aguas de dureza media y mineralización ligera
VI	Aguas de dureza media y mineralización ligera

Entre las del muestreo general las aguas más duras y mineralizadas son las del río Ebro en Mequinenza (18-E).

Desde el punto de vista de su composición química las aguas de los ríos estudiados se clasifican como:

Estación

I	Bicarbonatadas cálcicas
II	Cloruro-sulfato-bicarbonatadas calcio-sódicas
III	Sulfato-bicarbonato-cloruradas calcio-sódicas
IV	Bicarbonatadas cálcicas
V	Bicarbonato-sulfatadas cálcicas
VI	Sulfato-bicarbonatadas calcio-sódicas

15) - Por su contenido en oxígeno disuelto podemos considerar como muy polucionadas las aguas del:

Río Gállego en Zaragoza

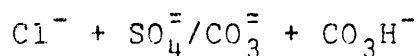
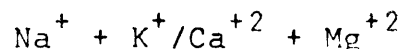
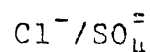
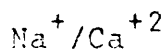
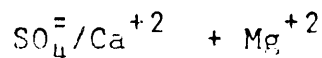
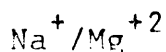
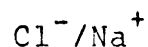
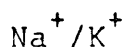
Como ligeramente polucionadas las de los ríos:

Ebro poco antes de Haro	(2-E)
Ebro en Logroño	(5-E)
Arga en Larraga	(7-Ar)
Ebro en Tudela	(9-E)
Jalón en Alagón	(10-J)
Ebro en Zaragoza	(11-E)
Gállego en Zaragoza	(12-G)
Alcanadre en Ballobar	(19-A1)

y como no polucionadas las de los ríos:

Ebro en el embalse de Sobrón	(1-E)
Tirón en Haro	(3-T)
Najerilla entre Nájera y Baños del río Tobío	(4-N)
Arga en Larraga	(6-Ar)
Aragón en Jaca	(20-A)
Aragón en Caparroso	(8-A)
Gállego en Senegüé	(13-G)
Ebro en Caspe	(15-E)
Segre en Serós	(16-S)
Cinca en Fraga	(17-C)
y Ebro en Mequinenza	(18-E)

16) - En el río Ebro de cabecera a desembocadura crecen las relaciones:



lo cual nos confirma, especialmente en el caso de las catiónicas, la existencia de fenómenos de intercambio iónico entre las aguas y los minerales que forman el lecho del río.

También van aumentando los porcentajes de:

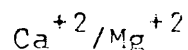
Sodio,

Magnesio,

Cloruros,

y Sulfatos.

Igualmente a medida que avanza el curso del río decrece el valor de la relación



lo que nos confirma el incremento de la cantidad de magnesio con relación a la de calcio.

Decrece igualmente los porcentajes de

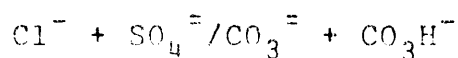
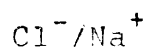
Calcio,

Potasio,

Carbonatos más bicarbonatos

y Silicatos.

17) - Se toman como indicadores de la evolución geoquímica del río, relaciones tales como



Porcentaje de sodio

y Porcentaje de calcio.

Según ellas, la evolución geoquímica mayor se encuentra en Zaragoza. La composición de las aguas del río Ebro en Flix está modificada por los aportes del sistema Cinca-Segre.

T A B L A S Y G R A F I C A S

T A B L A 1

Miranda de Ebro (Burgos)

Datos pluviométricos y termométricos

Año	Mes	Precipitación total	Máxima en 24 h.	Fecha	Días de lluvia	Días de granizo	Días de nieve	Temp. máxima °C	Temp. mínima °C	Fecha	Media mensua °C
1961	Oct.	88'6	30'5	15	22	0	0	22'4	5'0	8	13'1
	Nov.	145'2	33'0	29	19	0	0	16'0	-1'6	22	7'7
	Dic.	40'0	9'0	30	14	0	0	16'6	-8'0	4	6'4
	Ene.	77'5	18'1	14	17	0	0	14'8	-2'4	1	6'0
	Feb.	55'2	12'2	9	10	0	2	13'0	-2'6	13	4'9
	Mar.	68'8	21'0	31	15	0	0	18'0	-2'6	varios	7'1
	Abr.	45'0	14'7	24	12	0	1	23'4	-1'0	28	10'0
	May.	45'5	10'7	13	12	0	0	28'4	4'2	8	13'2
	Jun.	32'0	11'7	17	3	0	0	31'2	4'6	22	15'8
	Jul.	10'5	9'5	11	2	0	0	36'2	6'4	24	17'6
	Ago.	0'4	0'4	2	1	0	0	-	-	-	-
	Sep.	32'9	25'9	29	5	0	0	33'4	5'7	2	19'1
1962	Oct.	30'5	12'4	27	10	0	0	24'2	2'2	1	13'0
	Nov.	50'1	39'0	19	9	0	1	17'0	-5'0	2	5'1
	Dic.	59'7	19'0	13	4	0	4	11'8	-7'6	20	2'8
	Ene.	53'9	20'5	3	12	0	2	12'0	-8'6	6	3'0
	Feb.	30'3	6'8	9	14	0	3	13'0	-12'6	16	3'1
	Mar.	52'5	11'0	22	18	0	2	19'2	-2'0	19	8'7
	Abr.	38'2	26'3	19	7	0	0	21'0	-3'0	22	9'6
	May.	23'7	5'7	31	9	0	0	24'2	0'0	23	12'3
	Jun.	67'3	19'5	2	9	0	0	34'0	7'8	21	17'3
	Jul.	31'3	10'3	11	7	0	0	33'6	7'8	22/23	19'8
	Ago.	23'8	7'5	5	7	0	0	33'2	8'2	21	15'7
	Sep.	68'6	32'0	23	10	0	0	25'0	3'4	10	14'0
1963	Oct.	30'5	12'4	27	10	0	0	24'2	2'2	1	13'0
	Nov.	50'1	39'0	19	9	0	1	17'0	-5'0	2	5'1
	Dic.	59'7	19'0	13	4	0	4	11'8	-7'6	20	2'8
	Ene.	53'9	20'5	3	12	0	2	12'0	-8'6	6	3'0
	Feb.	30'3	6'8	9	14	0	3	13'0	-12'6	16	3'1
	Mar.	52'5	11'0	22	18	0	2	19'2	-2'0	19	8'7
	Abr.	38'2	26'3	19	7	0	0	21'0	-3'0	22	9'6
	May.	23'7	5'7	31	9	0	0	24'2	0'0	23	12'3
	Jun.	67'3	19'5	2	9	0	0	34'0	7'8	21	17'3
	Jul.	31'3	10'3	11	7	0	0	33'6	7'8	22/23	19'8
	Ago.	23'8	7'5	5	7	0	0	33'2	8'2	21	15'7
	Sep.	68'6	32'0	23	10	0	0	25'0	3'4	10	14'0

T A B L A 2

Zaragoza (Observatorio)

Datos pluviométricos y termométricos

Año	Mes	Precipitación total	Máxima en 24 h.	Fecha	Días de lluvia	Días de granizo	Días de nieve	Temp. máxima °C	Fecha	Temp. mínima °C	Fecha	Media mensual °C
1961	Oct.	30'0	14'2	15	5	0	0	27'0	5	3'5	29	15'4
	Nov.	71'9	38'2	28	12	0	0	21'0	1	-0'6	7	9'9
	Dic.	13'7	6'6	24	7	0	0	20'0	10	-5'0	22	7'4
	Ene.	51'0	19'5	19	7	0	0	18'4	1	-1'0	9	7'9
	Feb.	46'6	28'5	25	6	0	0	17'0	6	2'0	15	7'6
	Mar.	13'9	4'5	2	6	0	0	21'0	31	-2'0	18	9'4
	Abr.	19'4	13'8	16	3	1	0	26'2	28	-0'8	8	12'7
	May.	49'6	26'0	1	6	0	0	33'0	varios	3'4	27	16'6
	Jun.	9'5	3'6	1	4	0	0	36'0	22	8'4	3	21'1
1962	Jul.	0'5	0'5	8	1	0	0	39'4	10	13'4	6	23'9
	Ago.	1'9	1'9	2	1	0	0	37'4	19	14'0	8	25'5
	Sep.	39'8	28'2	25	4	0	0	34'8	2	8'6	2	21'0
1963	Oct.	88'7	49'0	15	4	0	0	28'0	5	6'2	30	15'9
	Nov.	24'2	8'0	5	4	0	0	17'2	2	-8'0	28	8'0
	Dic.	17'8	10'4	29	6	0	0	15'0	16	88'4	25	5'5
	Ene.	28'2	11'0	18	9	0	0	14'0	2	5'0	16	5'7
	Feb.	40'4	10'0	7	12	0	1	14'6	18	-7'0	5	5'0
	Mar.	13'2	6'8	16	8	0	0	23'4	19	1'6	25	11'3
	Abr.	27'4	10'0	18	8	0	0	24'0	29	-1'6	7	13'4
	May.	0'9	0'5	30	2	0	0	28'6	31	6'0	24	16'7
	Jun.	13'6	10'1	1	10	0	0	35'0	22	11'2	4	21'6
	Jul.	0'6	0'2	6	3	0	0	37'4	24	14'0	2	25'3
	Ago.	29'2	20'0	1	6	0	0	33'4	25	13'0	18	22'1
	Sep.	99'3	25'5	12	9	0	0	29'6	10	11'0	8	19'2

T A B L A 3

FLIX (Tarragona)

Datos pluviométricos y termométricos

Año	Mes	Precipitación Total	Máxima en 24 h.	Fecha	Días de lluvia	Días de granizo	Días de nieve	Temp. máxima °C	Fecha	Temp. mínima °C	Fecha	Medi- mensu- °C
1961	Oct.	41'0	20'0	16	3	0	0	28'0	4	2'2	22	16'
	Nov.	85'0	36'0	21	8	0	0	20'0	2	0'0	8	11'
	Dic.	2'0	2'0	30	1	0	0	21'0	10	-6'0	22	7'
	Ene.	38'0	20'0	18	4	0	0	20'0	1	-3'0	8	7'
	Feb.	40'0	17'0	25	4	0	0	18'0	varios	-3'0	19	7'
	Mar.	16'0	5'0	3	10	0	0	25'0	29	-3'0	7	10'
	Abr.	66'0	32'0	17	5	0	0	32'0	28	3'0	8	15'
	May.	38'0	14'0	26	5	0	0	31'0	varios	9'0	varios	18'
	Jun.	24'0	15'0	7	5	0	0	37'0	19	10'0	"	22'
1962	Jul.	6'0	6'0	26	1	0	0	39'0	14	12'0	22	26'
	Ago.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Sep.	5'5	3'5	15	2	0	0	39'0	20	15'0	23	26'
1963	Oct.	114'0	64'0	14	7	0	0	29'0	1	8'0	30	18'
	Nov.	39'0	18'0	7	6	0	0	20'0	2	-3'0	24	8'
	Dic.	24'5	13'0	28	2	0	2	17'0	varios	-9'0	27	5'
	Ene.	24'0	4'5	10	10	0	1	17'0	6	8'0	16	5'
	Feb.	44'5	11'5	2	8	0	2	16'0	18	-10'0	4	5'
	Mar.	9'0	7'0	16	2	0	0	25'0	19	-2'0	25	11'
	Abr.	24'0	9'0	8	4	0	0	29'0	29	-1'0	7	15'
	May.	16'0	14'0	22	3	0	0	32'0	13	6	4	18'
	Jun.	28'0	5'0	2	10	0	0	37'0	varios	12'0	varios	23'
	Jul.	6'0	4'0	31	3	0	0	37'0	"	17'0	"	26'
	Ago.	41'0	18'0	11	5	0	0	36'0	3	13'0	22	24'
	Sep.	89'0	39'0	13	8	0	0	32'0	varios	11'0	varios	20'

T A B L A 4

CUENCA DEL EBRO

=====

Cantidad de lluvia caída en millones de m³

Año	Oct.	Nov.	Dic.	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	TOTAL	Medi
1961-62	5740	12299	2944	5663	5563	5246	5339	4424	3623	1166	1361	5938	59326	491
1962-63	6595	5908	4831	5656	4653	3955	5637	2193	6353	3608	5518	7481	62368	520

Cantidad media de lluvia en l/m²

Año	Oct.	Nov.	Dic.	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	TOTAL	Medi
1961-62	67'0	143'5	34'4	66'1	65'2	61'2	62'3	51'6	42'3	13'6	15'9	69'3	693'4	57'6
1962-63	77'0	69'0	56'4	66'0	54'3	46'0	65'8	25'6	74'1	42'1	64'4	87'1	728'0	60'6

T A B L A 5

Factores físicos de los ríos estudiados

Río	Tramo	L Km.	L' Km.	S ₂ Km ²	S/L	L/L'
Ebro	Total	910'5	670'0	86.041	94'6	1'360
"	Cabecera a Miranda	204'0	149'6	5.481	26'9	1'365
"	Miranda a Zaragoza	325'8	290'0	34.963	107'2	1'120
"	Zaragoza a Flix	268'2	177'0	41.972	162'0	1'152
Aragón	Total	197'0	153'4	8.416	42'7	1'285
"	Cabecera a Jaca	30'0	26'0	232	7'74	1'154
Noguera Ribagorzana	Total	130'0	103'8	1.809	13'9	1'255
"	Cabecera a la Piñana	64'2	49'2	1.757	27'4	1'305
Cinca	Total	177'0	165'6	9.489	53'6	1'070
"	Cabecera a Fraga	159'2	146'8	9.467	59'5	1'090

T A B L A 6

Caudales medios mensuales en m³/s.

Año	Mes	I	II	III	IV	V	VI
1961	Oct.	39'8	304	496	4'19	15'2	80'5
	Nov.	161'3	854	11073	12'15	14'9	205'5
	Dic.	78'9	614	989	8'67	18'6	104'0
1962	Ene.	247'1	686	1043	12'62	27'1	225'5
	Feb.	166'4	776	971	3'38	43'9	74'4
	Mar.	109'5	797	1180	16'66	47'7	253'0
	Abr.	90'8	649	963	16'15	32'9	180'1
	May.	54'2	215	579	18'31	86'9	111'0
	Jun.	21'2	142	450	14'39	31'5	131'2
	Jul.	37'7	52	198	5'01	54'6	33'8
	Ago.	34'5	32	121	0'58	15'4	9'7
	Sep.	34'1	78	177	0'21	15'9	20'7
Media anual		80'6	431	685	9'39	33'8	119'3
1963	Oct.	27'1	98	318	1'86	6'6	49'5
	Nov.	39'2	196	456	4'61	6'6	78'3
	Dic.	125'0	491	621	4'63	6'7	25'9
	Ene.	89'7	545	961	8'11	18'8	183'3
	Feb.	71'5	328	603	1'98	28'1	60'8
	Mar.	105'1	482	770	8'73	28'6	96'9
	Abr.	68'5	511	971	15'09	22'1	202'2
	May.	22'4	98	413	17'53	20'3	83'6
	Jun.	19'0	97	492	24'00	5'1	117'1
	Jul.	36'5	88	333	12'83	5'3	78'6
	Ago.	46'0	148	507	11'11	18'5	183'8
	Sep.	62'9	159	449	3'78	8'2	65'7
Media anual		59'4	270		9'53	14'5	102'3

T A B L A 7

Diferencias entre el caudal medio mensual y el módulo anual

Año	Mes	I	II	III	IV	V	VI
1961	Oct.	-40'8	-125	-189	-5'20	-18'6	-38'8
	Nov.	80'7	423	388	2'76	18'9	86'2
	Dic.	1'7	183	304	-0'72	-15'2	-15'3
1962	Ene.	66'5	255	358	3'23	6'7	106'2
	Feb.	85'8	345	286	-6'01	10'1	-44'9
	Mar.	28'9	366	495	7'27	13'9	133'7
	Abr.	10'2	218	278	6'76	-0'9	60'8
	May.	-26'4	-216	-106	8'92	53'1	-8'0
	Jun.	-59'4	-289	-235	5'00	-2'3	11'9
	Jul.	-42'9	-379	-487	-4'38	20'8	-85'5
	Ago.	-46'1	-399	-564	-8'81	-18'4	-109'6
	Sep.	-46'5	-353	-508	-9'18	-17'9	-98'6
1963	Oct.	-32'3	-172	-256	-7'67	-7'9	-52'8
	Nov.	-20'2	-74	-118	-4'92	-7'9	-24'0
	Dic.	65'6	221	47	-4'90	-7'8	-76'4
	Ene.	30'3	275	387	-1'42	4'3	81'0
	Feb.	12'1	58	29	-7'51	13'6	-41'5
	Mar.	45'7	212	196	-0'80	14'1	-5'4
	Abr.	9'1	242	397	5'56	7'6	99'9
	May.	-37'0	-172	-161	8'00	5'8	-18'7
	Jun.	-40'4	-173	-82	14'47	-9'5	14'8
	Jul.	-22'9	-182	-238	3'30	-9'2	-23'7
	Ago.	-13'4	-122	-67	1'58	-4'0	81'5
	Sep.	3'5	-111	-125	-5'75	-6'3	-36'6

T A B L A 13

Año	Mes	P-Pm.	A-Am.
1961	Oct.	795	-467
	Nov.	7.354	988
	Dic.	-2.001	854
1962	Ene.	718	999
	Feb.	638	556
	Mar.	301	1.366
	Abr.	394	702
	May.	-591	-243
	Jun.	-1.322	-627
	Jul.	-3.779	-1.264
	Ago.	-3.584	-1.469
	Sep.	993	-1.333
1963	Oct.	1.395	-659
	Nov.	708	-327
	Dic.	-369	153
	Ene.	456	1.064
	Feb.	-547	-51
	Mar.	-1.245	553
	Abr.	437	1.008
	May.	-3.007	-403
	Jun.	1.153	-235
	Jul.	-1.592	-611
	Ago.	318	-152
	Sep.	2.261	-346

P-Pm = Diferencias entre la cantidad mensual de lluvia caída en la cuenca y la media mensual del año (en 10^6 m^3)

A-Am = Diferencias entre las aportaciones mensuales y la media mensual del año en Flix. (en Hm^3).

T A B L A 14

Fecha de toma de muestra, aforo y materia en suspensión de ese día

I			II			III		
Fecha	Caudal medio m ³ /s.	M _s mg/l	Fecha	Caudal medio m ³ /s.	M _s mg/l	Fecha	Caudal medio m ³ /s.	M _s mg/l
-	-	-	23-Sep-61	147	423	26-Oct-61	482	173
5-Nov-61	11'8	10	8-Nov-61	137	61	-	-	-
14-Dic-61	62'8	25	-	-	-	14-Dic-61	840	87
22-Ene-62	109'0	38	13-Ene-62	770	318	15-Ene-62	995	109
-	-	-	5-Feb-62	830	402	-	-	-
5-Mar-62	239'6	76	-	-	-	8-Mar-62	1860	207
4-Abr-62	109'0	45	7-Abr-62	1010	168	7-Abr-62	995	165
-	-	-	14-May-62	148	196	-	-	-
-	-	-	4-Jun-62	304	274	2-Jun-62	835	158
-	-	-	4-Jul-62	64	43	-	-	-
-	-	-	3-Ago-62	39	42	-	-	-
3-Sep-62	32'1	14	3-Sep-62	36	70	-	-	-
6-Oct-62	32'	-	4-Oct-62	119	233	-	-	-
4-Nov-62	27'0	22'5	8-Nov-62	117	374	-	-	-
5-Dic-62	22'8	6'8	-	-	-	17-Dic-62	419	32
9-Ene-63	100'2	13	11-Ene-63	725	68	15-Ene-63	1107	89
23-Feb-63	81'8	18	4-Feb-63	252	64	15-Feb-63	535	44
14-Mar-63	61'7	9'2	15-Mar-63	345	44	13-Mar-63	782	210
14-Abr-63	87'8	6'8	13-Abr-63	602	28	13-Abr-63	1383	109
6-May-63	24'6	11'0	9-May-63	114	23	8-May-63	475	33
23-Jun-63	22'8	19'0	11-Jun-63	87	39	22-Jun-63	419	20
13-Jul-63	44'7	16'0	15-Jul-63	74	88	-	-	-
2-Ago-63	42'6	7'0	9-Ago-63	400	3262	2-Ago-63	227	110
1-Sep-63	58'4	5'0	4-Sep-63	117	127	2-Sep-63	253	43

T A B L A 15

Fecha de toma de muestra, aforo y materia en suspensión de ese día

IV

V

VI

Fecha	Caudal medio m ³ /s	M _s mg/l	Fecha	Caudal medio m ³ /s	M _s mg/l	Fecha	Caudal medio m ³ /s	M _s mg/l
22-Oct-61	0'28	5	-	-	-	9-Oct-61	51'3	51'0
4-Nov-61	2'30	5	-	-	-	4-Nov-61	49'0	17'0
16-Dic-61	6'02	6	-	-	-	12-Dic-61	82'5	25'0
17-Ene-62	6'70	9	9-Ene-62	30'6	7'0	12-Ene-62	1600	66
10-Feb-62	3'75	4'5	1-Feb-62	43'7	3	6-Feb-62	76'3	11
3-Mar-62	12'10	25	4-Mar-62	14'3	18	7-Mar-62	328'0	229
9-Abr-62	10'70	27	2-Abr-62	37'0	22	7-Abr-62	82'5	30
10-May-62	29'30	59	7-May-62	18'0	36	17-May-62	385	38'5
4-Jun-62	13'90	11	10-Jun-62	12'6	8	5-Jun-62	106'4	33
12-Jul-62	6'00	14	6-Jul-62	80'5	17	-	-	-
2-Ago-62	1'50	7	2-Ago-62	15'0	22	3-Ago-62	13'3	67
3-Sep-62	0'00	2	4-Sep-62	15'8	5	6-Sep-62	5'0	13
10-Oct-62	0'42	11	26-Oct-62	6'5	18	6-Oct-62	9'7	40
7-Nov-62	13'00	10	-	-	-	12-Nov-62	76'3	105
5-Dic-62	1'50	3	-	-	-	10-Dic-62	19'6	5
12-Ene-63	9'14	4	-	-	-	17-Ene-63	73'2	35
5-Feb-63	1'30	5	5-Feb-63	29'5	11	16-Feb-63	85'6	191
12-Mar-63	28'50	17	13-Mar-63	31'9	4	8-Mar-63	62'5	23
4-Abr-63	4'86	4	-	-	-	24-Abr-63	228'5	10
-	-	-	-	-	-	8-May-63	82'5	35
10-Jun-63	13'90	6	25-Jun-63	6'3	12	11-Jun-63	131'6	732
15-Jul-63	14'80	6	20-Jul-63	4'3	25	8-Jul-63	76'4	64
5-Ago-63	13'70	9	21-Ago-63	21'6	1	5-Ago-63	363'0	3189
2-Sep-63	3'24	1	3-Sep-63	20'7	6	4-Sep-63	22'9	13

T A B L A 16

Aportaciones mensuales totales y medias en millones de m³.

Año	Mes.	I	II	III	IV	V	VI
1961	Oct.	107	816	1327	11'2	40'7	216
	Nov.	418	2213	2782	31'5	38'7	533
	Dic.	211	1646	2648	23'2	49'8	279
1962	Ene.	394	1838	2793	33'8	72'7	604
	Feb.	402	1877	2350	8'2	106'0	180
	Mar.	293	2134	3160	44'6	128'0	678
	Abr.	235	1682	2486	41'9	85'4	467
	May.	145	575	1551	49'1	232'0	297
	Jun.	54'9	369	1167	37'3	81'7	340
	Jul.	101	138	530	13'4	146'0	90'5
	Ago.	92'3	86	325	1'5	41'4	25'9
	Sep.	88'4	202	458	0'5	41'3	53'8
TOTAL		2543	13580	21587	296	1065	3763
1963	Oct.	72'6	262	851	5'0	17'7	133
	Nov.	102	508	1183	12'0	17'1	203
	Dic.	335	1315	1663	13'4	18'0	69'2
	Ene.	240	1461	2574	21'7	50'2	491
	Feb.	173	794	1459	4'8	68'0	147
	Mar.	281	1292	2063	23'4	76'6	260
	Abr.	178	1325	2518	39'1	57'3	524
	May.	60'0	261	1107	46'9	54'4	224
	Jun.	49'2	251	1275	62'2	13'0	303
	Jul.	97'7	235	899	34'4	14'2	211
	Ago.	123'2	396	1358	29'8	49'6	492
	Sep.	163	413	1164	9'8	21'3	170
TOTAL		1875	8513	18115	303	457	3227
MEDIA		2209	11047	19851	299	761	3495

T A B L A 19 (Continuación)-2

Sales solubles

(Partes por millón)

Muestra	C _p	CO ₃ H ppm	CO ₃ ppm	Cl ppm	SO ₄ ppm	SiO ₂ ppm	Ca ppm	Mg ppm	Na ppm	K ppm	pH
N ₁₆	877	51'5	0	501	1510	18'4	800	57'5	105	98'5	7'7
N ₁₇	364	110	0	90'5	925	26'4	328	19'4	30'0	41'5	7'8
N ₁₈	102	154	0	55'7	96'5	34'2	128	0	15'0	12'5	8'2
N ₁₉	163	159	14'5	76'6	117	39'4	112	4'8	25'0	26'0	8'3
Eoceno											
N ₃	112	125	14'5	66'9	131	13'8	152	0	10'0	9'5	8'1
N ₄	109	123	14'5	15'7	62'0	40'0	56'0	38'4	10'0	15'5	8'1
N ₂₇	242	228	21'7	104	110	7'6	120	0	40'0	31'5	7'8
N ₂₈	115	110	0	76'6	145	28'4	144	0	30'0	16'5	7'9
N ₂₉	94'3	48'6	0	69'6	117	25'8	80'0	0	25'0	8'0	7'8
N ₃₀	116	173	14'5	41'7	193	50'0	224	0	25'0	27'5	8'2
N ₃₂	236	117	21'7	92'2	329	31'6	152	43'2	30'0	41'5	8'1
N ₄₃	204	206	0	48'6	267	12'0	120	48'0	7'5	20'0	7'9
N ₄₄	170	324	0	62'5	6'9	30'0	80'0	19'2	7'5	20'0	7'8

T A B L A 19 (Continuación)-3

Sales solubles
(partes por millón)

Muestra	C _p	CO ₃ H ppm	CO ₃ ppm	Cl ppm	SO ₄ ppm	SiO ₂ ppm	Ca ppm	Mg ppm	Na ppm	K ppm	pH
Oligoceno-mioceno											
N ₈	1529	353	21'7	1850	862	68'2	248	101	745	925	8'2
N ₇	132	222	29'0	55'7	20'7	40'0	152	0	25'0	24'0	8'2
N ₁₁	1033	258	14'5	1525	372	38'7	192	86'4	840	36'5	8'1
N ₂₁	123	98'7	14'5	76'6	82'7	29'0	160	0	15'0	35'0	8'2
N ₂₂	2263	148	7'3	4369	186	28'4	1016	374	1130	61'5	7'8
N ₃₅	2070	29'5	0	207	7174	80'0	2976	19'0	160	25'0	7'8
N ₃₆	1992	342	0	94'0	7200	62'0	2944	77'0	30'0	22'5	7'0
N ₃₉	161	309	0	62'5	147	14'0	116	16'7	5'0	16'0	7'8
N ₄₀	696	118	0	292	1680	20'0	296	192	430	12'5	7'5
N ₄₂	1460	1260	0	97'4	3880	14'0	1688	158	95'0	6'5	7'8
N ₄₁	1812	147	0	83'5	7340	24'0	3016	76'8	35'0	12'0	7'6
N ₃₈	3704	206	0	6180	656	58,0	1545	1080	717	34,5	7,5

Sales solubles
(Partes por millón)

Muestra	C _p	CO ₃ H ppm	CO ₃ ppm	Cl ppm	SO ₄ ppm	SiO ₂ ppm	Ca ppm	Mg ppm	Na ppm	K ppm	pH
N ₁	138	294	43'6	55'7	34'5	34'2	176	0	18'0	13'0	8'0
N ₂₀	658	84'0	0	609	339	24'5	212	56'3	288	11'8	7'9
N ₂₃	-	260	0	238	8170	-	3000	370	-	-	7'5
N ₂₄	2500	88'5	0	922	8250	32'0	3000	335	485	55'0	7'3
N ₂₅	2049	281	0	315	7200	114	3056	63'0	180	47'0	7'8
N ₂₆	1897	162	0	55'0	7450	76'0	3032	97'0	20'0	25'5	7'5
N ₃₁	2101	0	0	140	7395	164	2656	254	185	60'0	7'7
N ₃₃	1838	0	0	76'6	7155	16'8	2820	96'5	30'0	6'5	7'4
N ₃₄	-	126	0	85'0	7450	-	3000	120	-	-	7'4
N ₃₇	2053	281	0	165	7540	126	3040	150	125	28'5	7'9

T A B L A 20 .

Sales solubles

(miliequivalentes por millón)

Muestra	HCO ₃	CO ₃	Cl	SO ₄	SiO ₃	Ca	Mg	Na	K	Aniones	Cationes
N ₁	4'83	1'45	1'56	0'72	1'14	8'80	0	0'65	0'33	10'00	9'78
N ₂	1'30	0	1'96	7'88	0'74	7'60	1,96	0'65	0'32	11'87	10'52
N ₃	2'05	0'48	1'96	2'73	0'46	7'60	0	0'43	0'24	7'68	8'27
N ₄	2'02	0'48	1'56	1'29	1'34	2'80	3'14	0'43	0'40	6'69	6'77
N ₅	2'82	0'39	14'60	5'31	1'03	8'00	2'36	11'30	0'71	24'15	22'37
N ₆	2'42	0'24	6'26	158'30	1'30	156'40	7'08	4'56	0'64	168'52	168'68
N ₇	3'64	0'96	1'56	0'43	1'34	7'60	0	1'09	0'61	7'93	9'30
N ₈	5'80	0'72	52'00	17'90	2'27	12'40	8'26	32'40	23'70	78'69	76'76
N ₉	0'87	0	1'56	3'43	1'19	5'60	0	0'65	0'43	7'05	6'68
N ₁₀	0'96	0	1'37	4'02	1'13	4'00	0	0'65	0'51	7'48	5'16
N ₁₁	4'23	0'48	42'90	7'73	1'26	9'60	7'08	36'50	0'93	56'60	54'11
N ₁₂	2'05	0	2'92	6'74	0'50	8'00	1'97	1'74	0'19	12'21	11'90
N ₁₃	1'16	0	3'52	10'90	0'47	5'20	0	3'26	4'86	16'05	13'32
N ₁₄	2'84	0	1'37	61'50	1'47	57'60	6'38	1'31	1'92	67'18	67'21

Sales solubles
(miliequivalentes por millón)

Muestra	HCO ₃	CO ₃	Cl	SO ₄	SiO ₃	Ca	Mg	Na	K	Aniones	Cationes
N ₁₅	1'21	0	<u>29'20</u>	<u>23'30</u>	1'26	<u>26'20</u>	<u>12'90</u>	<u>10'20</u>	6'65	54'87	55'95
N ₁₆	0'84	0	<u>14'10</u>	<u>31'40</u>	0'61	<u>40'00</u>	4'72	4'56	2'52	46'95	51'80
N ₁₇	1'82	0	2'54	19'24	0'88	16'40	1'59	1'31	1'06	24'42	20'36
N ₁₈	2'53	0	1'56	2'01	1'14	6'40	0	0'65	0'32	7'24	7'37
N ₁₉	2'61	0'48	2'15	2'43	1'31	5'60	0'39	1'09	0'66	8'98	7'74
N ₂₀	1'38	0	17'10	7'05	0'81	10'60	4'64	12'55	0'30	26'34	28'09
N ₂₁	1'62	0'48	2'15	1'72	0'96	3'60	0	0'65	0'90	6'93	5'15
N ₂₂	2'42	0'24	<u>123'00</u>	3'87	0'94	<u>50'80</u>	<u>30'66</u>	<u>49'20</u>	1'57	130'47	132'23
N ₂₃	4'26	0	6'68	<u>170'50</u>	-	<u>150</u>	<u>30'30</u>	-	-	180'94	180'30
N ₂₄	1'45	0	25'90	<u>171'50</u>	1'06	<u>150</u>	<u>27'50</u>	<u>21'50</u>	1'42	199'91	200'02
N ₂₅	4'61	0	8'85	<u>149'80</u>	3'80	<u>152'80</u>	5'16	7'83	1'20	167'06	166'99
N ₂₆	2'66	0	1'54	<u>155</u>	2'53	<u>151'50</u>	7'95	0'87	0'65	161'73	160'97
N ₂₇	3'74	0'72	2'92	2'29	0'25	6'00	0	1'74	0'80	9'82	8'54
N ₂₈	1'81	0	2'15	3'02	0'94	7'20	0	1'31	0'42	7'92	8'93
N ₂₉	0'79	0	1'96	2'33	0'86	4'00	0	1'09	0'20	6'04	5'29

T A B L A 20 (Continuación)

Sales solubles

(miliequivalentes por millón)

Muestra	HCO ₃	CO ₃	Cl	SO ₄	SiO ₃	Ca	Mg	Na	K	Aniones	Cationes
N ₃₀	2'84	0'48	1'17	4'02	1'66	<u>11'30</u>	0	1'09	0'70	10'17	13'09
N ₃₁	0	0	3'94	<u>153'80</u>	5'46	<u>132'80</u>	<u>20'90</u>	8'05	1'54	163'20	163'29
N ₃₂	1'92	0'72	2'59	6'85	1'19	7'60	3'54	1'31	1'06	13'27	13'51
N ₃₃	0	0	2'15	<u>148'70</u>	0'56	<u>141'0</u>	7'90	1'31	0'16	151'41	150'37
N ₃₄	2'06	0	2'39	<u>155</u>	-	<u>150</u>	9'85	-	-	159'45	159'85
N ₃₅	0'48	0	5'82	<u>149'10</u>	2'66	<u>148'50</u>	1'56	6'96	0'64	158'06	158'06
N ₃₆	5'61	0	2'64	<u>149'80</u>	2'06	<u>147'80</u>	6'32	1'31	0'57	160'11	156'00
N ₃₇	4'61	0	4'65	<u>156'80</u>	4'20	<u>152</u>	<u>12'35</u>	5'44	0'73	170'26	170'52
N ₃₈	3'38	0	<u>174</u>	<u>13'62</u>	1'94	<u>77'0</u>	<u>88'6</u>	<u>30'90</u>	0'88	192'94	197'38
N ₃₉	5'06	0	1'76	3'06	0'47	5'80	1'37	0'22	0'41	10'35	7'80
N ₄₀	1'93	0	8'20	<u>34'90</u>	0'67	<u>14'80</u>	<u>15'70</u>	<u>18'70</u>	0'32	45'70	49'52
N ₄₁	2'42	0	2'34	<u>152'5</u>	0'80	<u>150'8</u>	6'30	1'52	0'31	158'06	158'93
N ₄₂	<u>20'70</u>	0	2'74	<u>80'60</u>	0'47	<u>84'40</u>	<u>12'95</u>	4'14	0'17	104'51	101'66
N ₄₃	3'38	0	1'37	5'55	0'40	6'0	3'94	0'32	0'51	10'70	10'78
N	5'31		7	4		4'	7				

T A B L A 21

Residuo fijo a 110°C en mg/l

Año	Mes	I	II	III	IV	V	VI
1961	Oct.	260	744	-	192	<u>200</u>	452
	Nov.	270	600	400	<u>250</u>	-	424
	Dic.	<u>470</u>	496	588	<u>162</u>	-	400
1962	Ene.	<u>340</u>	540	520	200	<u>200</u>	362
	Feb.	370	530	-	220	<u>232</u>	418
	Mar.	336	<u>374</u>	380	198	290	336
	Abr.	309	<u>380</u>	400	206	250	386
	May.	316	764	-	150	284	388
	Jun.	368	562	464	126	<u>392</u>	330
	Jul.	270	<u>1084</u>	-	146	<u>274</u>	346
	Ago.	214	<u>1034</u>	-	136	300	452
	Sep.	268	1056	-	216	322	<u>704</u>
Media del año		316	676	459	183	274	416
1963	Oct.	270	826	-	206	-	578
	Nov.	286	648	-	182	-	464
	Dic.	310	-	594	182	-	562
	Ene.	290	398	458	202	-	494
	Feb.	274	646	<u>624</u>	196	290	562
	Mar.	242	386	<u>392</u>	150	252	436
	Abr.	248	408	408	150	280	390
	May.	342	664	490	-	274	274
	Jun.	342	754	<u>360</u>	<u>92'0</u>	292	260
	Jul.	256	846	-	<u>110</u>	284	<u>250</u>
	Ago.	<u>200</u>	744	630	241	240	<u>254</u>
	Sep.	<u>200</u>	713	572	132	242	448
Media del año		272	639	503	177	269	414
MEDIA TOTAL		294	658	481	175	272	415
MAXIMO		470	1084	624	250	392	704
mínimo		200	374	360	92'0	200	250
Irregularidad		2'4	2'9	1'7	2'7	2'0	2'8

T A B L A 22

Conductividad específica en $\mu\Omega^{-1}\text{cm}^{-1}$

Año	Mes	I	II	III	IV	V	VI
1961	Oct.	279	901	-	222	253	595
	Nov.	257	741	540	303	-	535
	Dic.	559	562	752	211	-	465
1962	Ene.	420	645	645	230	258	402
	Feb.	481	613	-	234	291	571
	Mar.	397	476	481	226	278	424
	Abr.	448	502	518	231	223	472
	May.	422	1111	-	146	361	488
	Jun.	546	833	649	143	513	444
	Jul.	351	1267	-	190	303	538
	Ago.	262	1169	-	156	351	532
	Sep.	317	1212	-	201	335	820
Media del año		395	836	598	208	317	524
1963	Oct.	333	988	-	211	329	633
	Nov.	312	730	-	174	-	483
	Dic.	360	-	680	208	-	633
	Ene.	345	440	500	251	-	459
	Feb.	355	667	730	247	295	599
	Mar.	312	450	476	222	279	457
	Abr.	238	493	476	228	355	450
	May.	417	833	617	-	290	366
	Jun.	469	980	474	152	360	374
	Jul.	333	934	-	182	370	330
	Ago.	270	833	725	167	320	316
	Sep.	272	833	671	185	303	559
Media del año		335	744	594	202	321	471
MEDIA TOTAL		365	790	596	205	319	498
MAXIMO		559	1267	752	303	513	820
Mínimo		238	440	476	143	223	316
Irregularidad		2'3	2'9	1'6	2'1	2'3	2'6

T A B L A 23
Bicarbonatos en mg/l

Año	Mes	I	II	III	IV	V	VI
1961	Oct.	104	144	-	114	85'0	134
	Nov.	114	174	144	134	-	120
	Dic.	256	121	210	148	-	187
1962	Ene.	186	203	194	133	108	117
	Feb.	182	136	-	121	91'0	106
	Mar.	182	142	183	98'0	80'5	160
	Abr.	153	146	110	88'5	67'0	125
	May.	132	125	-	117	113	103
	Jun.	124	147	117	78'0	117	110
	Jul.	92'0	197	-	28'0	92'0	70'5
	Ago.	78'0	196	-	63'5	99'0	92'0
	Sep.	126	176	-	126	106	99'0
Media anual		144	159	160	104	105	119
1963	Oct.	109	127	-	120	92'0	92'0
	Nov.	135	171	-	121	-	135
	Dic.	147	-	168	126	-	140
	Ene.	125	137	131	118	-	118
	Feb.	126	126	140	106	63'5	119
	Mar.	112	129	134	112	86'0	111
	Abr.	116	143	128	134	107	128
	May.	104	90'0	122	-	91'5	82'5
	Jun.	143	190	137	84'0	91'0	129
	Jul.	97'0	139	-	66'5	97'0	78'7
	Ago.	103	127	109	79'0	91'0	103
	Sep.	79'0	121	115	97'0	88'0	121
Media del año		116	136	132	106	90'0	113
MEDIA TOTAL		130	147	146	105	98'0	116
MAXIMO		256	203	210	148	117	187
mínimo		78'0	90'0	109	28'0	63'5	70'5
Irregularidad		3'3	2'3	1'9	5'3	1'8	2'7

T A B L A 24
Carbonatos en mg/l

Año	Mes	I	II	III	IV	V	VI
1961	Oct.	0	12'0	-	6'0	0	0
	Nov.	0	0	0	0	-	12'0
	Dic.	0	0	0	0	-	0
1962	Ene.	23'0	15'0	23'0	23'0	0	30'0
	Feb.	0	8'0	-	15'0	8'0	23'0
	Mar.	7'2	10'8	7'2	7'2	10'8	10'8
	Abr.	3'0	3'0	6'0	9'0	6'0	3'0
	May.	15'0	22'0	-	22'0	11'0	15'0
	Jun.	18'0	18'0	14'5	14'5	14'5	14'5
	Jul.	22'0	14'0	-	28'0	14'0	28'0
	Ago.	21'0	0	-	21'0	0	7'0
	Sep.	0	7'0	-	3'5	0	14'0
Media del año		9'1	9'1	8'5	12'4	6'4	13'1
	Oct.	3'0	6'0	-	6'0	0	3'0
	Nov.	0	0	-	0	-	0
	Dic.	0	-	0	0	-	0
1963	Ene.	6'0	6'0	12'0	12'0	-	12'0
	Feb.	0	0	0	0	0	0
	Mar.	0	0	6'0	0	0	0
	Abr.	12'0	9'0	12'0	6'0	9'0	6'0
	May.	6'0	3'0	3'0	-	6'0	6'0
	Jun.	9'0	12'0	6'0	6'0	17'9	6'0
	Jul.	17'9	17'9	-	17'9	12'0	17'9
	Ago.	0	6'0	6'0	3'0	3'0	6'0
	Sep.	6'0	6'0	6'0	3'0	3'0	6'0
Media del año		4'9	6'0	5'7	4'9	5'6	5'2
MEDIA TOTAL		7'0	7'5	7'2	8'7	6'0	9'2
MAXIMO		23'0	22'0	23'0	28'0	17'9	30'0
mínimo		0	0	0	0	0	0

T A B L A 25
Cloruros en mg/l

Año	Mes	I	II	III	VI	V	VI
1961	Oct.	25'0	122	-	1'0	21'0	68'0
	Nov.	45'5	102	57'5	9'0	-	66'0
	Dic.	28'0	122	87'0	6'0	-	57'0
1962	Ene.	20'5	85'0	96'0	16'0	25'6	38'5
	Feb.	29'0	57'5	-	6'5	20'0	65'0
	Mar.	19'5	31'0	33'0	5'0	16'0	27'0
	Abr.	21'0	38'0	43'0	6'0	19'0	37'0
	May.	23'5	151	-	8'5	23'0	43'5
	Jun.	55'5	89'5	69'0	8'0	22'0	38'0
	Jul.	23'0	225	-	3'5	18'0	44'5
	Ago.	24'0	212	-	3'5	25'5	71'0
	Sep.	25'5	218	-	5'0	21'5	<u>128</u>
Media del año		28'3	121	64'2	6'5	21'2	56'9
1963	Oct.	29'5	162	-	5'5	22'0	92'0
	Nov.	37'0	125	-	7'0	-	53'5
	Dic.	36'4	-	86'5	6'0	-	81'9
	Ene.	26'0	49'0	54'0	8'0	-	50'0
	Feb.	18'5	89'0	103	5'0	21'5	80'0
	Mar.	22'4	48'1	51'8	6'1	17'7	53'0
	Abr.	19'2	56'8	51'8	19'2	32'7	59'5
	May.	31'0	119	71'0	-	20'0	31'0
	Jun.	38'0	137	46'5	8'0	22'0	28'0
	Jul.	25'9	159	-	4'7	19'9	28'5
	Ago.	17'9	176	101	2'7	14'6	16'6
	Sep.	19'9	142	87'0	4'0	<u>14'6</u>	61'0
Media del año		26'8	115	72'5	8'7	20'5	52'9
MEDIA TOTAL		25'6	118	68'4	7'6	20'9	54'9
MAXIMO		55'5	225	103	19'2	32'7	128
mínimo		17'9	31'0	33'0	1'0	14'6	16'0
Irregularidad		3'1	7'3	3'1	19'2	2'2	7'7

T A B L A 26
Sulfatos en mg/l.

Año	Mes	I	II	III	VI	V	VI
1961	Oct.	59'0	190	-	50'0	63'0	167
	Nov.	25'0	150	103	60'0	-	98'0
	Dic.	54'0	104	105	38'0	-	110
1962	Ene.	90'5	176	100	24'5	56'0	84'0
	Feb.	112	164	-	25'0	60'0	104
	Mar.	117	97'0	80'0	24'0	78'0	83'0
	Abr.	72'5	75'5	93'0	37'0	59'0	77'0
	May.	64'0	170	-	18'0	51'5	76'0
	Jun.	67'0	144	113	17'5	133	95'0
	Jul.	45'0	273	-	20'0	65'0	79'0
	Ago.	26'5	262	-	13'5	71'0	10'5
	Sep.	26'0	195	-	22'0	65'0	149
Media del año		63'2	166	99	29'1	70'1	102
1963	Oct.	49'0	254	-	30'5	102	172
	Nov.	61'5	131	-	46'5	-	104
	Dic.	86'4	-	142	64'8	-	144
	Ene.	30'0	68'0	87'0	0	-	79'0
	Feb.	33'0	184	230	34'2	123	218
	Mar.	34'0	95'0	124	16'3	61'0	126
	Abr.	24'4	80'0	86'5	8'1	62'0	91'3
	May.	50'5	148	138	-	66'5	51'0
	Jun.	46'5	225	77'0	6'0	63'5	41'0
1963	Jul.	49'5	173	-	0	47'0	54'5
	Ago.	29'0	84'5	173	38'3	71'0	71'0
	Sep.	57'0	141	144	8'2	94'0	140
Media del año		45'9	144	133	23'0	76'9	108
MEDIA TOTAL		54'6	155	116	26'2	73'4	105
MAXIMO		117	273	230	64'8	133	218
mínimo		24'4	68'0	77'0	0	47'0	41'0
. Irregularidad		4'8	4'0	3'0	10'8	2'8	5'3

T A B L A 27

Sílice en mg/l

Año	Mes	I	II	III	IV	V	VI
1961	Oct.	9'0	18'0	-	15'0	9'0	8'0
	Nov.	6'0	8'0	18'0	12'0	-	9'0
	Dic.	9'0	8'0	15'0	5'0	-	8'0
1962	Ene.	26'0	4'0	11'0	9'0	7'0	8'0
	Feb.	26'0	14'0	-	22'0	9'0	18'0
	Mar.	21'0	21'0	10'0	13'0	19'0	9'0
	Abr.	6'0	15'0	19'0	12'0	22'0	13'0
	May.	28'0	21'0	-	16'0	16'0	24'0
	Jun.	24'0	12'0	17'0	11'0	23'0	12'0
	Jul.	15'0	9'0	-	28'0	22'0	39'0
	Ago.	29'0	19'0	-	20'0	20'0	38'0
	Sep.	17'0	27'0	-	21'0	15'0	22'0
Media del año		18'0	14'6	15'0	15'3	16'2	17'3
1963	Oct.	18'0	17'0	-	18'0	21'0	27'0
	Nov.	7'0	5'0	-	5'0	-	12'0
	Dic.	4'0	-	7'0	5'0	-	4'0
	Ene.	8'0	17'0	21'0	10'0	-	22'0
	Feb.	9'0	9'0	11'0	14'0	10'0	8'0
	Mar.	4'0	4'0	14'0	0	5'0	11'0
	Abr.	5'0	5'0	5'0	5'0	6'0	4'0
	May.	21'0	17'0	6'0	-	4'0	6'0
	Jun.	6'0	4'0	5'0	5'0	7'0	4'0
	Jul.	5'0	14'0	-	9'0	8'0	9'0
	Ago.	7'0	9'0	14'0	6'0	7'0	4'0
	Sep.	14'0	18'0	13'0	6'0	8'0	9'0
Media del año		9'1	10'8	10'6	7'5	8'4	10'0
MEDIA TOTAL		13'5	12'7	12'8	11'4	12'3	13'7
MAXIMO		29'0	27'0	21'0	28'0	23'0	39'0
mínimo		4'0	4'0	5'0	0	4'0	4'0
Irregularidad		7'2	6'7	4'2	5'6	5'7	9'7

T A B L A 28

Calcio en mg/l

Año	Mes	I	II	III	IV	V	VI
1961	Oct.	45'5	108	-	39'0	40'5	66'0
	Nov.	48'0	80'0	55'0	48'0	-	64'0
	Dic.	88'0	86'0	102	45'0	-	64'0
1962	Ene.	83'0	101	66'0	77'0	42'0	78'0
	Feb.	82'0	78'0	-	35'0	46'5	44'0
	Mar.	58'0	56'0	71'0	48'0	48'0	61'0
	Abr.	67'0	62'0	54'5	35'0	24'0	57'0
	May.	42'5	53'5	-	13'5	39'0	37'5
	Jun.	52'0	72'0	55'0	18'0	54'0	49'0
	Jul.	50'0	114	-	10'5	43'0	23'0
	Ago.	8'0	104	-	7'0	36'0	33'0
	Sep.	33'5	118	-	24'0	33'5	60'0
Media del año		54'8	86'1	67'3	33'3	40'6	53'1
1963	Oct.	41'0	93'0	-	33'5	57'5	55'0
	Nov.	46'5	92'0	-	33'5	-	58'5
	Dic.	64'0	-	90'4	45'6	-	76'8
	Ene.	70'0	74'0	77'0	51'0	-	59'0
	Feb.	65'0	93'0	103	41'0	53'5	76'0
	Mar.	52'0	63'0	62'4	35'0	49'5	68'5
	Abr.	56'8	82'4	80'8	54'4	66'4	60'0
	May.	42'5	67'0	61'0	-	48'0	45'6
	Jun.	73'0	102	62'5	31'0	65'0	53'5
	Jul.	56'0	89'5	-	30'4	64'0	50'5
	Ago.	45'6	60'0	62'0	31'2	52'0	40'8
	Sep.	38'4	56'0	65'6	34'4	51'2	64'8
Media del año		54'2	79'3	74'9	38'3	56'3	59'1
MEDIA TOTAL		54'5	82'7	71'1	35'8	48'5	56'1
MAXIMO		88'0	118	103	77'0	66'4	78'0
mínimo		8'0	53'5	54'5	7'0	24'0	23'0
Irregularidad		11'0	2'2	1'9	11'0	2'8	3'4

T A B L A 29
Magnesio en mg/l

Año	Mes	I	II	III	IV	V	VI
1961	Oct.	5'0	24'0	-	9'0	4'5	19'0
	Nov.	4'0	24'0	22'5	5'0	-	16'0
	Dic.	7'0	18'0	5'0	8'0	-	14'0
1962	Ene.	28'0	31'0	39'0	3'1	5'5	19'0
	Feb.	9'0	9'0	-	6'5	5'5	18'5
	Mar.	11'0	15'0	17'5	0	4'5	10'0
	Abr.	12'0	10'0	11'0	1'0	5'5	11'0
	May.	19'0	30'0	-	0	10'0	17'0
	Jun.	9'0	25'5	23'0	0	19'0	11'0
	Jul.	14'0	35'5	-	5'0	4'0	12'0
	Ago.	6'0	37'5	-	5'5	6'5	13'0
	Sep.	8'0	9'5	-	11'0	21'0	21'5
Media del año		11'0	22'4	19'7	4'5	8'6	15'2
1963	Oct.	7'0	23'5	-	7'0	7'0	21'5
	Nov.	8'0	19'5	-	5'0	-	14'0
	Dic.	8'2	-	8'2	6'2	-	18'7
	Ene.	8'0	10'5	13'5	8'0	-	22'5
	Feb.	0'5	22'0	25'0	9'0	8'0	27'6
	Mar.	10'0	20'8	13'2	7'0	8'7	20'4
	Abr.	3'4	5'8	6'8	2'4	0	19'0
	May.	8'0	13'5	14'0	-	11'0	7'0
	Jun.	11'0	25'0	6'0	2'5	6'3	7'0
	Jul.	6'8	25'7	-	0	5'8	3'4
	Ago.	3'9	14'6	26'2	3'4	9'2	12'1
	Sep.	11'7	32'0	28'2	3'9	7'8	15'0
Media del año		7'2	19'3	15'7	4'9	7'1	15'7
MEDIA TOTAL		9'1	20'9	17'7	4'7	7'8	15'5
MAXIMO		28'0	37'5	39'0	11'0	21'0	27'6
mínimo		0'5	5'8	5'0	0	0	3'4
Irregularidad		56	6'5	7'8	11'0	5'2	8'1

T A B L A 30

Sodio en mg/l

Año	Mes	I	II	III	IV	V	VI
1961	Oct.	11'9	66'2	-	1'9	14'1	42'5
	Nov.	11'9	52'4	30'2	3'1	-	41'0
	Dic.	17'1	33'0	46'2	4'8	-	32'0
1962	Ene.	8'9	52'0	46'1	3'0	11'2	31'3
	Feb.	32'0	60'2	-	19'2	15'8	84'0
	Mar.	30'1	30'1	26'0	4'8	23'0	24'9
	Abr.	21'3	37'2	36'0	14'2	24'2	31'3
	May.	63'0	160	-	52'0	20'0	64'0
	Jun.	73'0	54'0	41'0	23'0	73'0	30'0
	Jul.	15'0	145	-	36'0	35'0	73'0
	Ago.	68'0	180	-	45'0	43'0	87'0
	Sep.	22'0	190	-	32'0	18'0	106
Media del año		32'6	883	37'6	19'9	27'7	55'8
1963	Oct.	22'0	121	-	15'0	29'0	77'0
	Nov.	19'0	64'0	-	1'0	-	40'0
	Dic.	18'0	-	61'0	1'0	-	62'0
	Ene.	10'0	26'0	33'0	2'0	-	36'0
	Feb.	18'0	64'0	78'0	3'0	15'0	70'0
	Mar.	11'0	33'0	45'0	2'0	11'0	46'0
	Abr.	9'0	34'0	36'0	2'0	17'0	41'0
	May.	23'0	82'0	42'0	-	10'0	18'0
	Jun.	26'0	120	34'0	2'0	11'0	23'0
	Jul.	12'0	115	-	6'0	10'0	18'0
	Ago.	8'0	111	70'0	1'0	8'0	8'0
	Sep.	8'0	103	57'0	1'0	7'0	45'0
Media del año		15'3	79'4	50'7	3'3	13'1	40'3
MEDIA TOTAL		23'9	83'8	44'2	11'6	20'4	48'1
MAXIMO		73'0	190	78'0	52'0	73'0	106
mínimo		8'0	26'0	26'0	1'0	7'0	8'0
Irregularidad		9'1	7'3	3'0	52'0	10'4	13'3

T A B L A 31
Potasio en mg/l

Año	Mes	I	II	III	IV	V	VI
1961	Oct.	2'5	2'9	-	2'1	2'5	2'5
	Nov.	2'1	2'5	2'1	1'7	-	2'1
	Dic.	3'5	4'2	4'2	2'1	-	3'5
1962	Ene.	1'0	2'1	1'7	0'4	1'0	1'0
	Feb.	0'4	2'1	-	1'0	1'0	1'7
	Mar.	2'1	2'1	2'1	1'2	1'2	1'2
	Abr.	1'3	1'2	1'2	0'8	1'2	1'2
	May.	2'0	3'0	-	1'0	1'5	1'5
	Jun.	2'0	2'5	2'0	1'0	2'5	1'5
	Jul.	2'0	3'0	-	0	1'0	1'5
	Ago.	2'0	3'0	-	1'0	2'0	2'0
	Sep.	2'0	3'0	-	1'0	1'5	2'0
Media del año		1'9	2'6	2'2	1'1	1'5	1'8
1963	Oct.	1'5	3'0	-	0'5	2'0	1'0
	Nov.	2'0	3'0	-	0	-	1'5
	Dic.	1'5	0	2'5	0	-	1'5
	Ene.	1'0	2'0	2'0	0	-	1'0
	Feb.	1'0	3'2	2'0	0	1'0	2'0
	Mar.	1'0	1'0	2'5	0	0	1'0
	Abr.	1'5	2'0	2'0	1'0	2'0	2'0
	May.	2'0	2'5	2'0	-	2'5	1'0
	Jun.	1'0	2'0	1'0	0	1'0	0
	Jul.	2'0	3'0	-	0	1'0	1'0
	Ago.	1'0	3'0	2'0	0	1'0	1'0
	Sep.	2'0	3'0	2'0	0	1'0	1'0
Media del año		1'5	2'5	2'0	0'1	1'2	1'2
MEDIA TOTAL		1'7	2'6	2'1	0'6	1'4	1'5
MAXIMO		3'5	4'2	4'2	2'1	2'5	3'5
mínimo		0'4	1'0	1'0	0	0	0
Irregularidad		8'8	4'2	4'2	4'2	2'5	3'5

T A B L A 32

Materia orgánica

(mg/l de oxígeno absorbido por el permanganato)

Año	Mes	I	II	III	IV	V	VI
1961	Oct.	6'5	4'1	-	2'6	5'8	5'1
	Nov.	6'6	4'2	4'8	4'4	-	4'2
1962	Dic.	4'6	5'6	4'9	2'6	-	2'7
	Ene.	4'3	3'8	3'7	3'5	3'7	3'7
	Feb.	5'0	3'9	-	3'3	3'4	3'7
	Mar.	4'0	4'4	2'1	2'9	4'4	2'6
	Abr.	6'9	5'9	6'1	9'4	7'4	7'4
	May.	2'9	2'5	-	1'9	1'7	1'2
	Jun.	2'8	3'8	2'8	1'5	2'0	1'7
	Jul.	3'0	1'9	-	1'0	1'3	1'2
	Ago.	3'3	2'4	-	3'5	3'0	2'0
	Sep.	4'0	3'0	-	2'2	2'4	2'1
Media del año		4'5	3'8	4'1	3'2	3'6	3'1
1963	Oct.	5'3	3'6	-	1'9	2'5	2'4
	Nov.	2'3	2'5	-	1'1	-	1'0
	Dic.	3'5	-	2'7	1'6	-	1'9
	Ene.	4'5	3'6	3'8	3'7	-	2'9
	Feb.	4'0	4'8	4'4	3'4	3'6	4'4
	Mar.	4'8	4'8	4'5	6'0	3'7	3'5
	Abr.	6'1	4'3	4'8	5'6	5'2	4'3
	May.	3'4	5'4	3'5	-	2'9	2'6
	Jun.	5'9	3'4	3'8	3'8	3'3	3'6
	Jul.	3'8	3'4	-	1'7	2'6	2'6
1963	Ago.	3'4	3'0	2'6	1'8	2'2	2'7
	Sep.	3'7	2'8	2'6	1'8	2'0	2'0
Media del año		4'2	3'8	3'6	2'9	3'1	2'8
MEDIA TOTAL		4'4	3'8	3'9	3'0	3'3	3'0
MAXIMO		6'9	5'9	6'1	9'4	7'4	7'4
Irregularidad		3'0	3'1	2'9	9'4	5'7	7'4
MINIMO		2'3	1'9	2'1	1'0	1'3	1'0

T A B L A 33

Dureza total en grados franceses

Año	Mes	I	II	III	IV	V	VI
1961	Oct.	13'5	37'0	-	13'0	12'0	25'0
	Nov.	13'8	30'0	23'2	14'0	-	22'7
	Dic.	24'8	28'7	27'6	14'5	-	21'8
1962	Ene.	32'4	38'1	32'7	20'5	12'8	27'5
	Feb.	24'0	23'2	-	11'4	13'8	18'7
	Mar.	19'2	20'2	25'0	12'0	13'8	19'2
	Abr.	21'8	19'6	18'0	9'2	8'2	18'0
	May.	18'4	25'8	-	3'2	14'0	16'4
	Jun.	16'8	28'4	23'2	4'6	21'2	17'0
	Jul.	18'0	43'4	-	4'6	12'4	10'8
	Ago.	4'2	41'4	-	4'0	11'6	13'6
	Sep.	11'6	33'4	-	10'4	17'0	23'8
Media del año		18'2	30'8	24'9	10'1	13'7	19'6
1963	Oct.	13'2	23'0	-	11'4	17'4	22'6
	Nov.	14'8	31'0	-	10'6	-	20'4
	Dic.	19'4	-	26'0	14'0	-	27'0
	Ene.	20'8	22'8	28'8	16'0	-	24'0
	Feb.	16'4	32'1	36'0	13'8	16'4	30'4
	Mar.	17'0	24'4	21'0	12'4	16'0	25'5
	Abr.	15'6	23'0	23'0	14'6	16'8	22'8
	May.	13'8	22'4	23'4	-	16'2	14'2
	Jun.	20'8	36'0	18'0	8'8	19'8	16'2
	Jul.	16'8	33'0	-	7'6	18'4	14'0
Media del año	Ago.	13'0	21'0	28'8	9'2	16'8	15'2
	Sep.	14'4	27'2	28'0	10'2	16'0	22'4
MEDIA TOTAL		17'3	28'8	25'4	10'9	15'4	20'4
MAXIMO		32'4	43'4	36'0	20'5	21'2	30'4
mínimo		4'2	19'6	18'0	3'2	8'2	10'8
Irregularidad		7'7	2'2	2'0	6'4	2'6	2'8

T A B L A 34

Dureza temporal en grados franceses

Año	Mes	I	II	III	IV	V	VI
1961	Oct.	8'3	11'5	-	10'0	6'8	10'7
	Nov.	9'2	14'0	11'5	11'7	-	9'6
	Dic.	20'5	9'7	16'8	11'8	-	15'0
1962	Ene.	14'8	16'1	15'5	10'6	8'6	9'4
	Feb.	14'6	10'8	-	9'7	7'3	8'5
	Mar.	14'6	11'4	14'6	7'8	6'5	12'8
	Abr.	12'2	11'7	8'8	7'1	5'4	10'0
	May.	10'6	10'0	-	3'2	9'0	8'3
	Jun.	9'9	11'8	9'4	4'6	9'4	8'8
	Jul.	7'4	15'8	-	2'2	7'4	5'6
	Ago.	4'6	15'7	-	4'0	7'9	7'4
	Sep.	10'1	14'1	-	10'1	8'5	7'9
Media del año		11'4	12'7	12'8	7'7	7'7	9'5
1963	Oct.	8'8	10'2	-	9'1	7'4	7'4
	Nov.	10'8	13'7	-	9'2	-	10'8
	Dic.	11'8	-	13'5	10'1	-	11'2
	Ene.	10'0	11'0	10'5	9'5	-	9'5
	Feb.	10'1	10'1	11'3	8'0	5'1	9'5
	Mar.	8'9	10'3	10'7	8'9	6'9	8'9
	Abr.	9'3	11'4	10'2	10'7	8'6	10'2
	May.	8'3	7'2	9'8	-	7'3	6'7
	Jun.	11'4	15'0	11'0	6'7	7'3	10'3
	Jul.	7'8	11'2	-	5'3	7'8	6'3
	Ago.	8'2	10'2	8'7	6'3	7'3	8'2
	Sep.	6'3	9'7	9'2	7'8	7'0	9'7
Media del año		9'3	10'9	10'5	8'3	7'2	9'1
MEDIA TOTAL		10'3	11'8	11'7	8'0	7'4	9'3
MAXIMO		20'5	16'1	16'8	11'8	9'4	15'0
mínimo		4'2	7'2	8'7	2'2	5'1	5'6
Irregularidad		4'9	2'2	1'9	5'4	1'8	2'7

T A B L A 35

Dureza permanente en grados franceses

Año	Mes	I	II	III	IV	V	VI
1961	Oct.	5'2	25'5	-	3'0	5'2	14'3
	Nov.	4'6	26'0	11'7	2'3	-	13'1
	Dic.	4'3	19'0	10'8	2'7	-	6'8
1962	Ene.	<u>17'6</u>	22'0	17'2	<u>9'9</u>	4'2	8'1
	Feb.	9'4	12'4	-	1'7	6'5	10'2
	Mar.	4'6	8'8	10'4	4'2	7'3	6'5
	Abr.	9'6	7'9	9'2	2'1	2'8	8'8
	May.	7'8	15'8	-	0	5'0	8'1
	Jun.	6'9	16'6	13'8	0	11'8	8'2
	Jul.	10'6	<u>27'6</u>	-	2'4	5'0	<u>5'2</u>
	Ago.	0	<u>25'7</u>	-	0	3'7	<u>6'2</u>
	Sep.	<u>1'5</u>	19'3	-	<u>0'3</u>	8'5	15'9
Media del año		6'8	18'9	12'2	2'4	6'0	9'3
1963	Oct.	4'4	12'8	-	1'3	10'0	15'2
	Nov.	4'0	17'3	-	1'4	-	9'6
	Dic.	7'6	-	12'5	3'9	-	15'8
	Ene.	10'8	11'8	14'3	6'5	-	14'5
	Feb.	6'3	22'0	<u>24'9</u>	5'8	11'5	<u>20'9</u>
	Mar.	8'1	14'1	<u>10'3</u>	3'1	9'1	<u>16'6</u>
	Abr.	6'3	11'6	12'8	3'9	8'2	12'6
	May.	5'5	15'2	13'6	-	8'9	7'5
	Jun.	9'4	21'0	7'0	2'1	<u>12'5</u>	5'9
	Jul.	9'0	21'8	-	2'3	<u>10'6</u>	7'7
	Ago.	4'8	10'8	20'1	2'9	9'5	7'0
	Sep.	8'1	17'5	18'8	2'4	9'0	12'7
Media del año		7'0	16'0	14'9	2'3	9'9	12'2
MEDIA TOTAL		6'9	17'5	13'6	2'8	8'0	10'7
MAXIMO		17'6	27'6	24'9	9'9	12'5	20'9
mínimo		0	7'9	7'0	0	2'8	5'2
Irregularidad		11'7	3'5	3'6	33'0	4'5	4'0

T A B L A 36

pH

Año	Mes	I	II	III	IV	V	VI
1961	Oct.	7'4	7'6	-	7'8	7'3	7'6
	Nov.	8'7	7'8	8'8	8'8	-	8'7
	Dic.	8'4	8'3	8'4	8'2	-	7'9
1962	Ene.	8'0	8'3	8'5	8'0	8'1	8'0
	Feb.	8'1	8'2	-	8'0	8'2	8'1
	Mar.	8'2	8'3	8'1	8'1	8'3	8'0
	Abr.	8'4	8'4	8'5	8'6	8'6	8'1
	May.	8'3	8'4	-	8'9	8'3	8'2
	Jun.	8'3	8'5	8'2	8'7	8'2	8'3
	Jul.	8'7	8'2	-	8'9	8'3	8'9
	Ago.	8'1	8'1	-	8'2	8'5	8'6
	Sep.	8'4	8'3	-	8'8	8'1	8'2
Media del año		8'3	8'2	8'4	8'4	8'2	8'2
1963	Oct.	8'1	8'0	-	8'2	8'0	8'1
	Nov.	8'0	8'1	-	8'0	-	8'1
	Dic.	7'9	-	8'0	8'1	-	7'8
	Ene.	8'1	7'8	8'1	7'9	-	7'9
	Feb.	8'0	8'1	7'9	8'1	7'9	8'0
	Mar.	7'9	8'0	8'3	8'1	8'1	8'3
	Abr.	8'5	8'2	8'4	8'4	8'4	8'3
	May.	8'2	8'0	8'0	-	8'2	8'2
	Jun.	8'3	8'1	8'4	8'4	8'3	8'4
1963	Jul.	8'4	8'2	-	8'6	8'3	8'4
	Ago.	8'2	8'3	8'2	8'2	8'2	8'3
	Sep.	8'3	8'2	8'3	8'2	8'2	8'3
Media del año		8'2	8'1	8'2	8'2	8'2	8'2
MEDIA TOTAL		8'3	8'2	8'3	8'3	8'2	8'2
MAXIMO		8'7	8'5	8'8	8'9	8'6	8'9
mínimo		7'4	7'6	7'9	7'8	7'3	7'6
Irregularidad		1'2	1'1	1'1	1'1	1'2	1'2

T A B L A 37

Materia en suspensión en mg/l

Año	Mes	I	II	III	IV	V	VI
1961	Oct.	10'0	423	-	5'0	23'0	51'0
	Nov.	10'0	61'0	173	5'0	-	17'0
	Dic.	25'0	154	87'0	6'0	-	25'0
1962	Ene.	38'0	318	109	9'0	7'0	66'0
	Feb.	53'5	402	-	4'5	3'5	11'5
	Mar.	76'0	225	207	21'0	18'0	229
	Abr.	45'0	168	165	27'0	22'0	30'0
	May.	27'0	196	-	59'0	36'0	28'0
	Jun.	35'5	274	158	11'5	8'5	33'0
	Jul.	40'0	43'0	-	14'0	17'0	88'0
	Ago.	33'0	42'0	-	7'0	22'0	67'0
	Sep.	14'0	70'0	-	10'0	5'0	13'0
Media del año		33'9	198	150	14'9	16'2	54'8
1963	Oct.	-	233	-	11'0	17'8	40'0
	Nov.	22'5	374	-	10'0	-	105
	Dic.	6'8	-	31'6	3'4	-	5'2
	Ene.	13'0	68'0	89'0	9'0	-	35'5
	Feb.	18'0	64'0	44'0	5'0	11'0	191
	Mar.	9'2	44'4	210	17'2	3'6	23'4
	Abr.	6'8	28'0	109	4'0	26'2	9'6
	May.	11'0	23'0	23'0	-	6'0	35'0
	Jun.	19'0	39'5	20'0	6'5	12'4	732
	Jul.	16'0	88'4	-	6'4	25'6	64'4
	Ago.	7'0	3262	110	9'0	1'0	3189
	Sep.	5'0	128	43'5	1'0	6'0	13'0
Media del año		11'2	396	75'5	7'5	12'2	370
MEDIA TOTAL		22'7	297	113	11'2	14'2	213
MAXIMO		76'0	3262	210	59'0	36'0	3189
mínimo		5'0	23'0	20'0	1'0	1'0	5'2
Irregularidad		13'2	142	10'5	59'0	36'0	614

T A B L A 38

Composición media de las aguas en las estaciones de muestreo bia

	I	II	III	IV	V	
Residuo a 110°C (mg/l)	294	658	481	175	272	
Conductividad espe- cífica ($\mu\Omega^{-1} \text{ cm}^{-1}$)	365	790	596	205	319	
Bicarbonatos (mg/l)	130	147	146	105	98'0	
Carbonatos (mg/l)	7'0	7'5	7'2	8'7	6'0	
Cloruros (mg/l)	25'6	118	68'4	7'6	20'9	
Sulfatos (mg/l)	54'6	155	116	26'2	73'4	
Sílice (mg/l)	13'5	12'7	12'8	11'4	12'3	
Calcio (mg/l)	54'5	82'7	71'1	35'8	48'5	
Magnesio (mg/l)	9'1	20'9	17'7	4'7	7'8	1
Sodio (mg/l)	23'9	83'8	44'2	11'6	20'4	4
Potasio (mg/l)	1'7	2'6	2'1	0'6	1'4	
Materia Orgánica cc KMnO_4 0'01 N	54'5	47'4	48'1	38'5	41'3	3
Dureza total (° franceses)	17'3	28'8	25'4	10'9	15'4	2
Dureza temporal (° franceses)	10'3	11'8	11'7	8'0	7'4	
Dureza Permanente (° franceses)	6'9	17'5	13'6	2'8	8'0	1
pH	8'3	8'2	8'3	8'3	8'2	
Materia en suspensión (mg/l)	22'7	297	113	11'2	14'2	2

T A B L A 39
Muestreo General

Muestra	Fecha	CO ₃ H mg/l	CO ₃ mg/l	Cl mg/l	SO ₄ mg/l	SiO ₂ mg/l
1-E	18-May-64	115	0	24'4	75'0	6'0
2-E	19-May-64	156	3'1	34'1	96'2	5'0
3-T	19-May-64	81'0	0	12'5	181	6'0
4-N	19-May-64	94'5	0	7'0	25'8	4'0
5-E	19-May-64	124	0	27'1	115	6'0
6-Eg	19-May-64	156	0	85'6	77'6	5'0
7-Ar	19-May-64	137	0	166	71'1	2'0
8-A	19-May-64	124	3'1	24'4	25'8	2'0
9-E	19-May-64	131	0	109	128	10'0
10-J	19-May-64	156	0	112	269	6'0
11-E	20-May-64	156	0	185	284	5'0
12-G	20-May-64	119	0	157	142	6'0
13-G	9-Sep-64	91'5	4'7	4'9	3'1	-
14-G	9-Sep-64	164	0	316	302	-
15-E	7-Sep-64	116	0	258	486	11'6
16-S	8-Sep-64	92'0	0	28'7	156	11'6
17-C	9-Sep-64	112	0	57'4	163	6'0
18-E	8-Sep-64	144	0	268	570	9'2
19-Al	8-Sep-64	112	0	166	384	5'2
20-A	9-Sep-64	96'0	0	14'3	51'5	9'6

T A B L A 39 (Continuación)
Muestreo General

Muestra	Ca mg/l	Mg mg/l	Na mg/l	K mg/l	pH	Materia orgánica mg/l O ₂	Oxíg disu mg/
1-E	66'4	10'7	14'0	1'7	8'1	3'6	7'46
2-E	73'6	9'3	35'0	2'2	8'3	4'7	5'58
3-T	90'4	9'0	16'0	1'7	8'0	2'0	6'88
4-N	38'4	3'9	6'0	1'0	8'1	1'7	7'00
5-E	64'0	15'1	26'0	2'3	8'2	4'8	5'51
6-Eg	76'8	6'8	56'0	1'8	8'1	3'7	6'66
7-Ar	62'4	10'2	109	5'3	8'1	3'4	4'80
8-A	37'6	13'2	19'0	1'7	8'2	4'0	7'04
9-E	66'4	16'0	79'0	3'1	8'2	4'3	5'96
10-J	82'4	44'2	90'0	5'1	8'1	2'9	5'79
11-E	110	23'3	155	3'7	8'1	3'7	5'74
12-G	76'9	16'5	119	2'8	8'0	3'6	4'90
13-G	33'6	10'1	3'0	0'7	8'5	1'5	7'10
14-G	99'2	29'8	215	7'4	8'2	41'4	2'99
15-E	130	55'5	185	4'3	7'9	3'4	6'67
16-S	70'5	17'5	17'0	1'8	7'8	2'9	6'89
17-C	69'0	27'2	46'0	1'8	7'8	1'7	7'20
18-E	143	68'0	205	5'0	7'9	3'2	6'82
19-Al	106	38'9	130	6'0	7'9	3'4	5'66
20-A	44'9	6'8	3'0	0'7	7'9	1'7	7'65

T A B L A 39 (Continuación)
Muestreo General

Muestra	R mg/l	C _P	Dureza total °f	D.t. °f	D.p. °f	Ms mg/l
1-E	330	391	21'0	9'0	12'0	8'4
2-E	396	481	22'2	12'5	9'7	7'4
3-T	430	472	26'6	6'5	20'1	14'6
4-N	158	213	11'2	7'6	3'6	6'2
5-E	388	450	22'2	10'0	12'2	15'0
6-Eg	506	639	22'0	12'5	9'5	5'0
7-Ar	548	775	19'8	11'0	8'8	18'0
8-A	246	320	14'8	9'9	4'9	379
9-E	590	716	23'2	10'5	12'7	31'0
10-J	844	957	38'8	12'5	26'3	42'2
11-E	942	1193	37'8	12'5	25'3	89'0
12-G	676	877	26'0	9'5	16'5	10'2
13-G	-	208	13'2	7'3	5'9	9'4
14-G	-	1103	37'0	13'1	23'9	45'0
15-E	1230	1515	51'2	9'3	41'9	65'8
16-S	348	405	24'8	7'3	17'5	99'0
17-C	432	590	27'2	9'0	18'2	120
18-E	1382	1666	61'2	11'5	49'7	15'4
19-A1	984	1212	42'4	9'0	33'4	199
20-A	192	230	14'0	7'7	6'3	19'0

T A B L A 40

Muestreo General

(Miliequivalentes por litro)

Muestra	CO ₃ H	CO ₃	Cl	SO ₄	SiO ₃	Aniones
1-E	1'88	0	0'68	1'56	0'20	4'34
2-E	2'56	0'10	0'95	2'00	0'17	5'78
3-T	1'33	0	0'35	3'76	0'20	5'64
4-N	1'55	0	0'19	0'54	0'13	2'42
5-E	2'05	0	0'76	2'39	0'20	5'40
6-Eg	2'56	0	2'40	1'61	0'17	6'73
7-Ar	2'25	0	4'66	1'48	0'07	8'45
8-A	2'04	0'10	0'68	0'54	0'07	3'43
9-E	2'15	0	3'04	2'66	0'33	8'18
10-J	2'56	0	3'14	5'60	0'20	11'5
11-E	2'56	0	5'18	5'90	0'17	13'81
12-G	1'95	0	4'38	2'96	0'20	9'49
13-G	2'12	0'31	0'71	2'99	-	6'13
14-G	2'69	0	8'85	6'27	-	17'8
15-E	1'90	0	7'24	10'1	0'39	19'6
16-S	1'51	0	0'80	3'24	0'34	5'89
17-C	1'84	0	1'61	3'39	0'20	7'04
18-E	2'36	0	7'51	11'9	0'31	22'0
19-A1	1'84	0	4'65	7'99	0'17	14'6
20-A	1'57	0	0'40	1'07	0'32	3'36

T A B L A 40 (Continuación)

Muestreo General

(Miliequivalentes por litro)

Muestra	Ca	Mg	Na	K	Cationes	TOTAL
1-E	3'32	0'88	0'61	0'04	4'85	9'19
2-E	3'68	0'76	1'44	0'06	5'94	11'72
3-E	4'52	0'79	0'69	0'04	6'04	11'64
4-N	1'92	0'32	0'26	0'03	2'53	4'74
5-N	3'20	1'24	1'13	0'06	5'63	11'03
6-Eg	3'84	0'56	2'44	0'05	6'89	13'62
7-Ar	3'12	0'84	4'75	0'14	8'84	17'29
8-A	1'88	1'08	0'83	0'04	3'83	7'26
9-E	3'32	1'31	3'44	0'08	8'15	16'33
10-J	4'12	3'63	3'92	0'13	11'8	23'30
11-E	5'52	1'92	6'75	0'09	14'3	28'09
12-G	3'38	1'31	5'19	0'07	9'99	19'48
13-G	3'52	0'88	0'48	0'39	5'27	11'40
14-G	4'96	2'44	9'35	0'19	16'9	34'7
15-E	6'50	4'55	8'05	0'11	19'2	38'8
16-S	3'52	1'43	0'74	0'05	5'74	11'63
17-C	3'45	2'22	2'00	0'05	7'72	14'76
18-E	7'15	5'57	8'90	0'13	21'7	43'80
19-A1	5'30	3'19	5'65	0'15	14'3	28'94
20-A	2'24	0'56	0'13	0'02	2'95	6'31

T A B L A 41

Relaciones entre los distintos iones

y entre el residuo fijo (R) y la materia en suspensión (M_s).

	I	II	III	IV	V	VI
Relación $Cl + SO_4 / CO_3 + CO_3H$	0'771	2'42	1'66	0'374	1'18	1'68
Relación $SO_4 / Ca + Mg$	0'32	0'55	0'48	0'25	0'50	0'52
Relación Cl / SO_4	0'631	1'02	0'794	0'389	0'386	0'706
Relación Cl / Na	0'69	0'91	1'00	0'42	0'66	0'73
Relación $Na + K / Ca + Mg$	0'312	0'633	0'393	0'238	0'301	0'531
Relación Na / K	26'0	60'6	38'4	25'0	29'6	53'0
Relación Na / Mg	1'39	2'13	1'33	1'28	1'39	1'67
Relación Na / Ca	0'38	0'88	0'54	0'80	0'37	0'76
Relación Ca / Mg	3'62	2'42	2'46	4'60	3'78	2'20
Relación R / M_s	13'0	2'22	4'26	15'6	19'2	1'95

T A B L A 42

Porcentajes de los distintos iones

respecto al total de miliequivalentes por litro

	I	II	III	IV	V	VI
Por ciento de sodio	22'8	38'1	27'5	18'5	22'4	34'1
Por ciento de potasio	0'90	0'60	0'70	0'74	0'70	0'60
Por ciento de calcio	59'8	43'5	51'0	66'3	60'8	44'9
Por ciento de magnesio	16'5	17'9	20'8	14'5	16'1	20'4
Por ciento de cloruros	15'3	34'4	26'0	6'7	13'6	24'2
Por ciento de sulfatos	24'2	33'6	32'8	17'2	35'4	34'2
Por ciento de bicarbonatos	46'1	25'1	32'4	54'7	37'0	29'8
Por ciento de carbonatos más bicarbonatos	51'0	27'7	35'4	64'0	41'5	34'6
Por ciento de silicatos	9'5	4'3	5'8	12'1	9'5	7'0
Por ciento de sílice	4'6	1'9	2'7	6'5	4'5	3'3

T A B L A 43

Indices, coeficientes y totales de

materia en suspensión (M_s), materia disuelta (R) y sulfatos

	I	II	III	Cabecera a III	IV	V	VI
R A S	0'79	2'13	1'21		0'48	0'68	1'48
Porcentaje de sodio soluble	22'8	38'1	27'5		18'5	22'4	34'1
Carbonato sódico residual	-1'06	-3'18	-2'39		-0'17	-1'26	-1'85
Indice de SCOTT	73'1	17'0	30'0		211	88'6	34'6
Indice de cambio de bases	-0'50	-0'114	-0'026		-0'214	-0'56	-0'403
Indice de desequilibrio	-0'108	-0'67	-0'010		-0'173	-0'105	-0'152
Coeficiente de disolución	1'44	1'12	-0'66	0'60	5'84	4'23	2'61
Coeficiente de suspensión	0'111	0'84	-0'69	0'14	0'37	0'22	1'34
Coeficiente de erosión	1'55	1'96	-1'35	0'74	6'21	4'45	3'95
Coeficiente selenitoso	0'27	0'31	-0'15	0'15	0'87	1'14	0'76
M_s (Tm por año)	50.200	3.281.000	2.241.000		3.350	10.810	745.000
R (Tm por año)	649.000	7.260.000	9.550.000		52.400	207.500	1.450.000
Sulfatos (Tm or añ							

Composición media de las aguas en los dos años estudiados
Miliequivalentes por litro

Estación	CO ₃ H	CO ₃	Cl	SO ₄	SiO ₃	Ca	Mg	Na	K	Aniones	Cationes	TOTAL
I	2'18	0'23	0'72	1'14	0'45	2'72	0'75	1'04	0'04	4'72	4'55	9'27
II	2'42	0'25	2'32	3'24	0'42	4'14	1'71	3'64	0'06	9'65	9'55	19'20
III	2'39	0'23	1'92	2'42	0'43	3'56	1'45	1'92	0'05	7'39	6'98	14'37
IV	1'72	0'29	0'21	0'54	0'38	1'79	0'39	0'50	0'02	3'14	2'70	5'84
V	1'60	0'20	0'59	1'53	0'41	2'42	0'64	0'89	0'03	4'33	3'98	8'31
VI	1'90	0'31	1'54	2'18	0'45	2'79	1'27	2'12	0'04	6'38	6'22	12'60

T A B L A 45

Composición media de las aguas en los dos años estudiados
Porcentaje de aniones y cationes

Estación	CO ₃ H	CO ₃	Cl	SO ₄	SiO ₃	Ca	Mg	Na	K	Aniones	Cationes
I	23'50	2'48	7'76	12'30	4'85	29'4	8'10	11'2	0'43	51'0	49'1
II	12'6	1'31	17'3	16'9	2'09	21'6	8'90	18'95	0'31	50'3	49'7
III	16'70	1'60	13'40	16'8	3'00	24'80	10'10	13'40	0'35	51'4	48'6
IV	29'60	4'97	3'60	9'26	6'51	30'70	6'69	8'59	0'35	53'9	46'4
V	19'30	2'40	7'10	18'40	9'94	29'10	7'70	10'70	0'36	52'0	47'9
VI	15'10	2'46	12'20	17'30	3'58	22'20	10'10	16'80	0'32	50'6	49'4

T A B L A 46

Muestreo General

Porcentaje de aniones y cationes

Muestra	CO_3H^-	$\text{CO}_3\text{H} + \text{CO}_3 + \text{SiO}_3$	Cl	SO_4	Ca	Mg	Na + K	Na
1-E	43'4	48'3	15'7	36'0	68'5	18'2	13'4	12'6
2-E	44'2	48'9	16'4	34'6	62'0	12'8	25'3	24'2
3-T	23'6	27'1	6'21	66'7	74'7	13'2	12'1	11'4
4-N	64'0	69'8	7'85	22'4	76'0	12'6	11'3	10'3
5-E	38'0	41'6	14'1	44'3	56'9	22'0	21'2	20'1
6-Eg	38'0	40'4	35'6	24'0	55'7	8'1	36'2	35'4
7-Ar	26'6	27'3	55'2	17'5	35'3	9'5	55'4	53'8
8-A	59'5	65'4	19'8	14'8	49'1	28'2	22'7	21'7
9-E	26'3	30'3	37'2	32'5	40'7	16'1	43'2	42'2
10-J	22'2	23'0	27'3	48'7	34'9	30'8	34'3	33'2
11-E	18'4	20'3	37'3	42'4	38'6	13'4	47'8	47'2
12-G	20'6	22'6	46'2	31'2	33'8	13'5	52'7	52'0
13-G	34'6	39'6	11'6	48'8	66'7	16'7	16'5	9'10
14-G	15'1	15'1	49'7	35'2	29'3	14'4	56'3	55'4
15-E	9'7	11'5	37'0	51'5	33'8	23'7	42'5	42'0
16-S	25'6	28'4	16'6	55'0	61'4	24'9	13'8	12'9
17-C	26'2	29'0	22'9	48'1	44'6	28'8	26'8	25'9
18-E	10'7	11'8	34'2	54'0	33'0	25'7	41'5	41'0
19-Al	12'3	13'6	31'6	54'8	37'0	22'4	40'6	39'6
20-A	46'2	56'7	11'8	31'5	76'0	19'0	5'1	4'4

Conductividad específica y total de miliequivalentes por litro

Año	Mes	I		II		III	
		C _p	me/l	C _p	me/l	C _p	me/l
1961	Oct.	279	7'20	901	21'06	-	-
	Nov.	257	7'16	741	17'44	540	12'67
	Dic.	559	12'21	562	15'14	752	16'23
	Ene.	420	14'01	645	19'92	645	17'64
	Feb.	481	13'25	613	15'34	-	-
	Mar.	397	12'08	476	11'68	481	12'33
	Abr.	448	10'20	502	11'24	518	10'99
	May.	422	12'06	1111	23'45	-	-
	Jun.	546	12'98	833	17'02	649	13'73
1962	Jul.	351	8'60	1267	30'95	-	-
	Ago.	262	8'07	1169	31'48	-	-
	Sep.	317	7'24	1212	39'24	-	-
1963	Oct.	333	7'96	988	24'58	-	-
	Nov.	312	8'61	730	18'25	-	-
	Dic.	360	10'06	-	-	680	16'30
	Ene.	345	8'47	440	11'71	500	13'03
	Feb.	355	7'68	667	18'05	730	21'03
	Mar.	312	7'23	450	12'00	476	13'13
	Abr.	238	7'01	493	12'22	476	12'14
	May.	417	8'35	833	16'56	617	13'23
	Jun.	469	11'59	980	24'64	474	10'61
	Jul.	333	8'18	934	23'06	-	-
	Ago.	270	5'99	833	18'40	725	17'75
	Sep.	272	6'99	833	19'70	671	16'08

T A B L A 55

Conductividad específica y total de miliequivalentes por litro

Año	Mes	IV		V		VI	
		C _p	me/l	C _p	me/l	C _p	me/l
1961	Oct.	228	6'46	253	6'65	595	14'64
	Nov.	303	8'09	-	-	535	12'91
	Dic.	211	6'71	-	-	465	13'87
	Ene.	230	8'45	258	7'04	402	12'85
	Feb.	234	7'04	291	7'35	571	14'54
	Mar.	226	5'56	278	8'08	424	10'80
	Abr.	231	5'56	223	6'53	472	10'37
	May.	146	6'75	361	8'14	488	11'91
	Jun.	143	4'65	513	14'06	444	10'45
1962	Jul.	190	5'33	303	8'58	538	11'49
	Ago.	156	5'57	351	8'74	532	13'72
	Sep.	201	6'00	335	7'87	820	18'95
1963	Oct.	201	6'47	329	9'72	633	16'58
	Nov.	174	5'43	-	-	483	12'15
	Dic.	208	6'57	-	-	633	15'86
	Ene.	251	6'20	-	-	459	12'50
	Feb.	247	5'96	295	8'80	599	18'19
	Mar.	222	4'74	279	7'03	457	13'43
	Abr.	228	6'29	355	8'57	450	12'40
	May.	-	-	290	7'74	366	7'33
	Jun.	152	3'89	360	8'52	374	8'34
1964	Jul.	182	3'88	370	7'82	330	7'76
	Ago.	167	4'35	320	7'43	316	7'36
	Sep.	185	-	-	-	-	-



FOTO nº 1.- Residuo de las aguas del río Ebro a su paso por Miranda. (32.000 aumentos).



FOTO nº 2.- Materia en suspensión transportada por el río Ebro en Zaragoza (32.000 aumentos).



FOTO nº 3.- Residuo fijo de las aguas del río Ebro a su paso por Zaragoza (32.000 aumentos).



FOTO nº 4.- Materia en suspensión transportada por el río Cinca en Fraga (32.000 aumentos).



FOTO nº 5.- Residuo fijo de las aguas del río Cinca a su paso por
Fraga (32.000 aumentos).

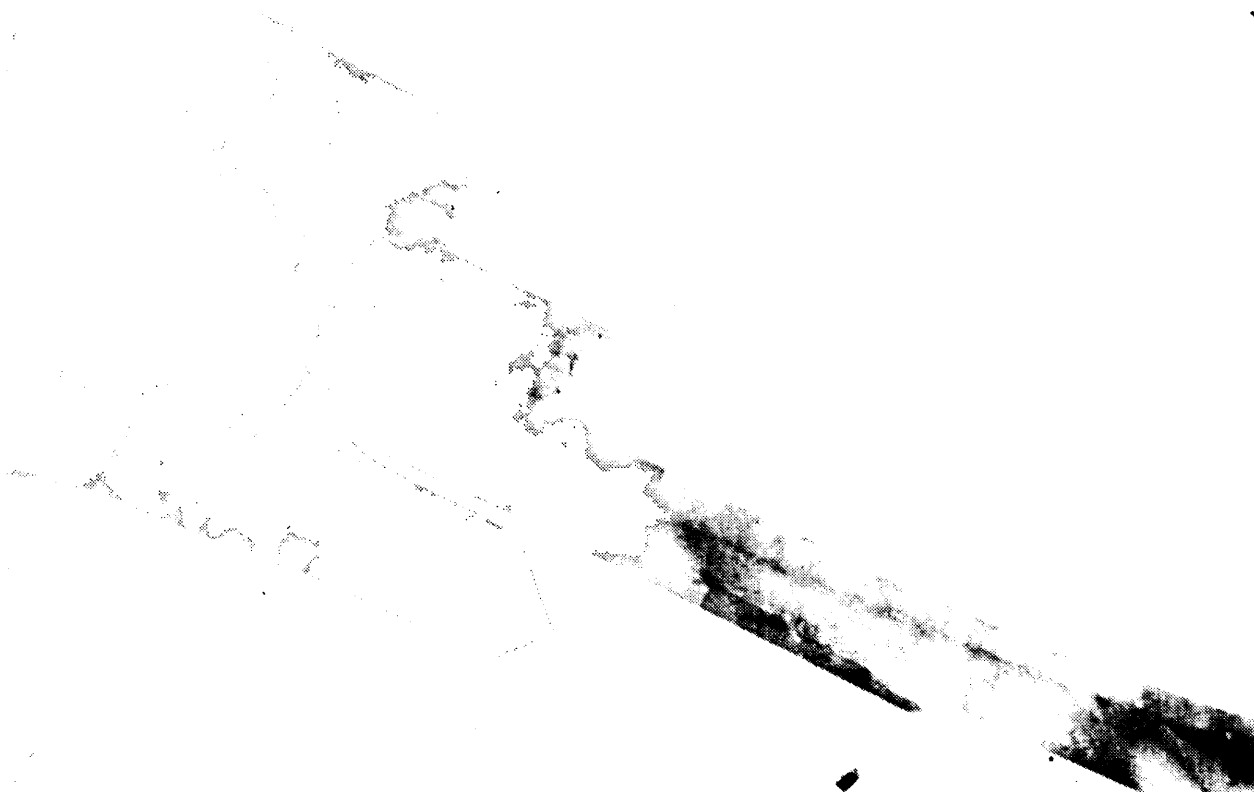
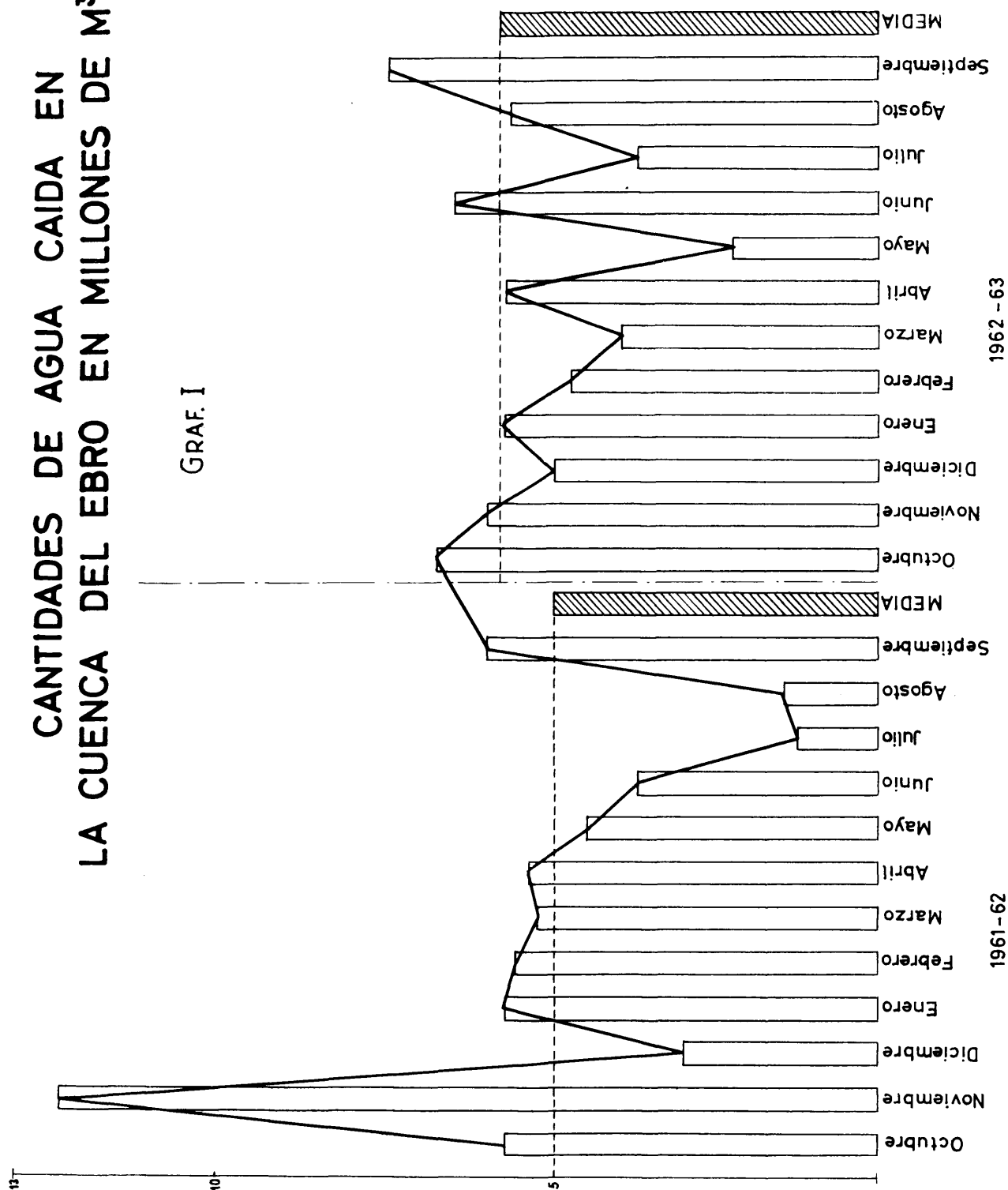


FOTO nº 6.- Residuo fijo de las aguas del río Cinca a su paso por
Fraga (32.000 aumentos).

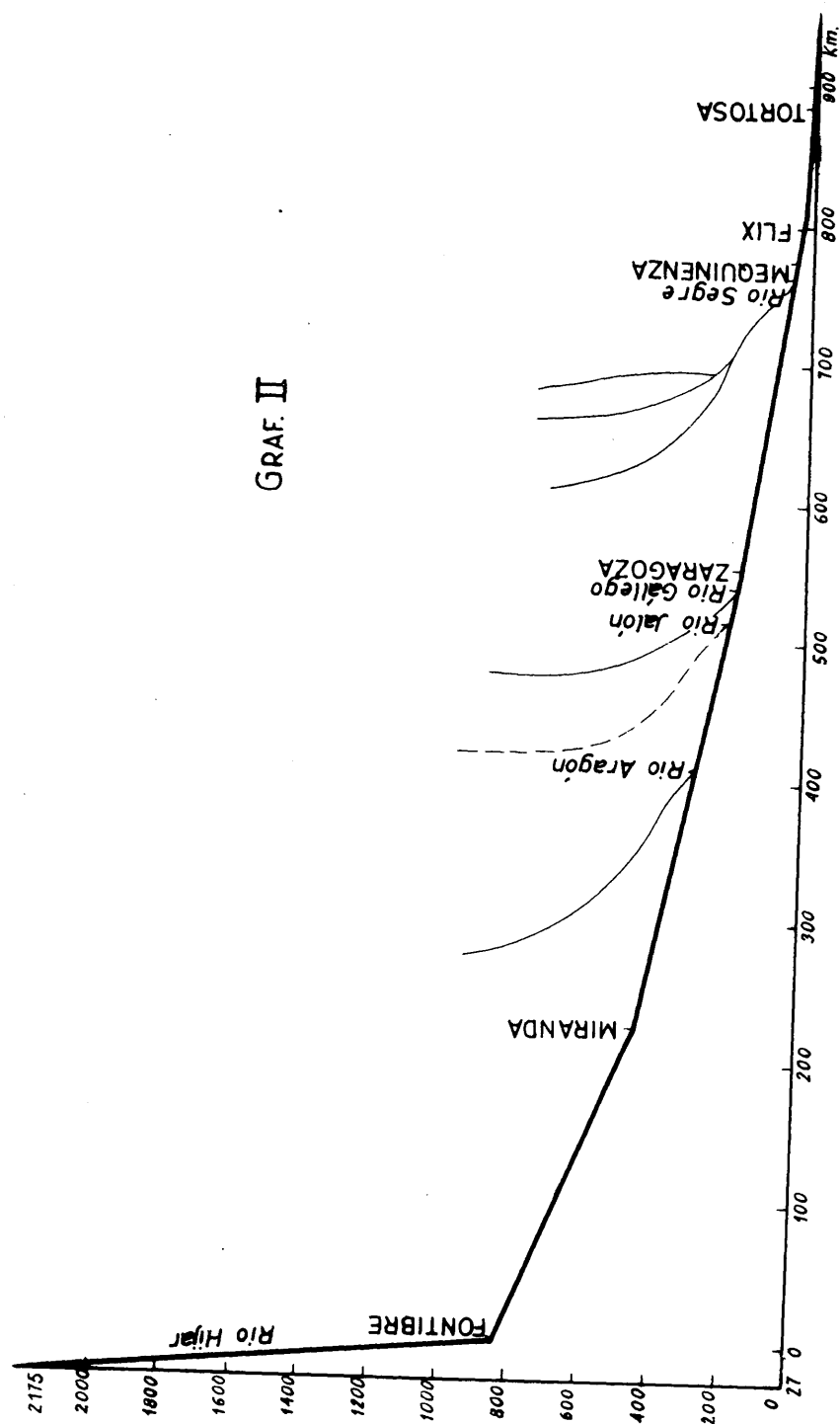
CANTIDADES DE AGUA CAIDA EN LA CUENCA DEL EBRO EN MILLONES DE M³.

GRAF. I



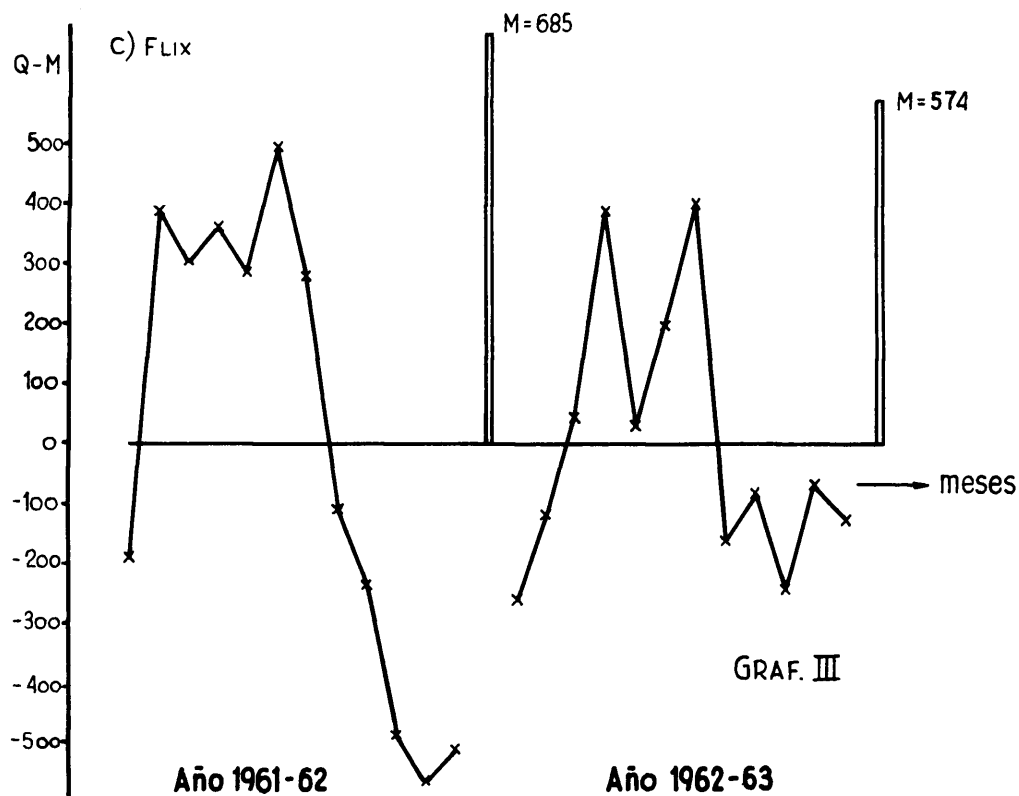
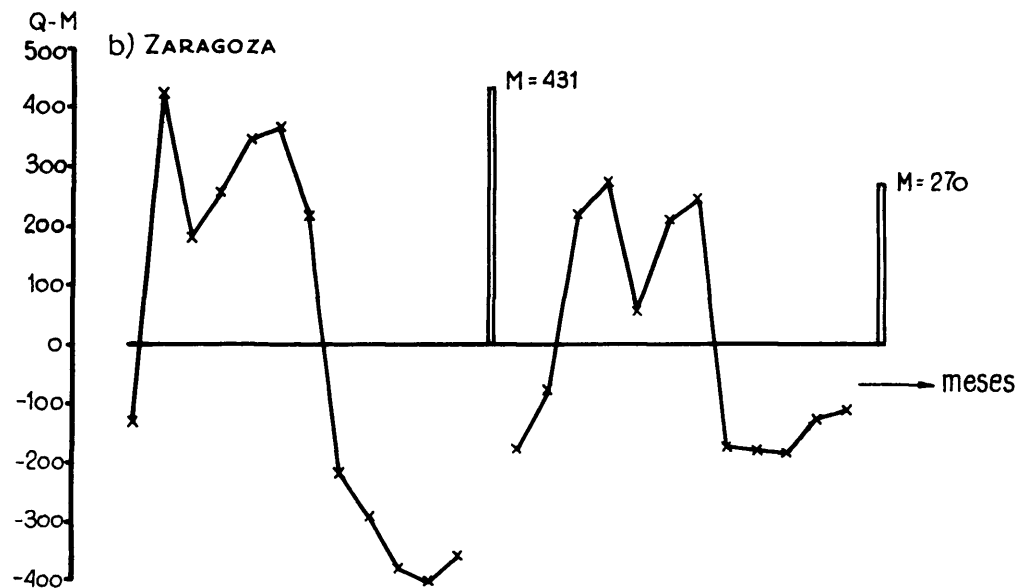
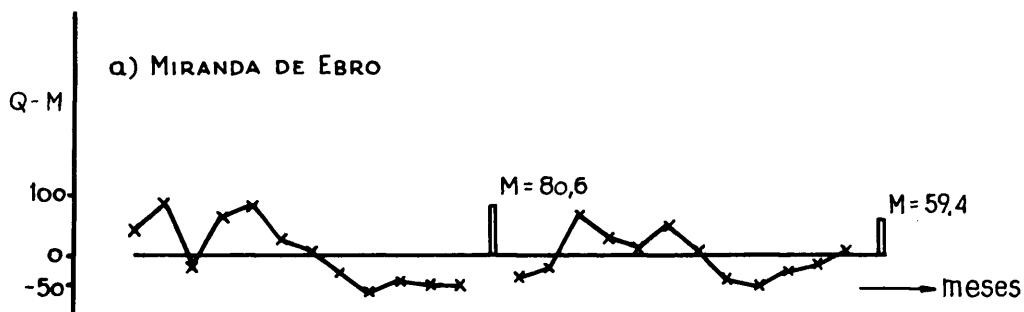
PERFIL LONGITUDINAL DEL EBRO

GRAF. II



RIO EBRO

VARIACIONES DEL CAUDAL EN LOS DISTINTOS MESES

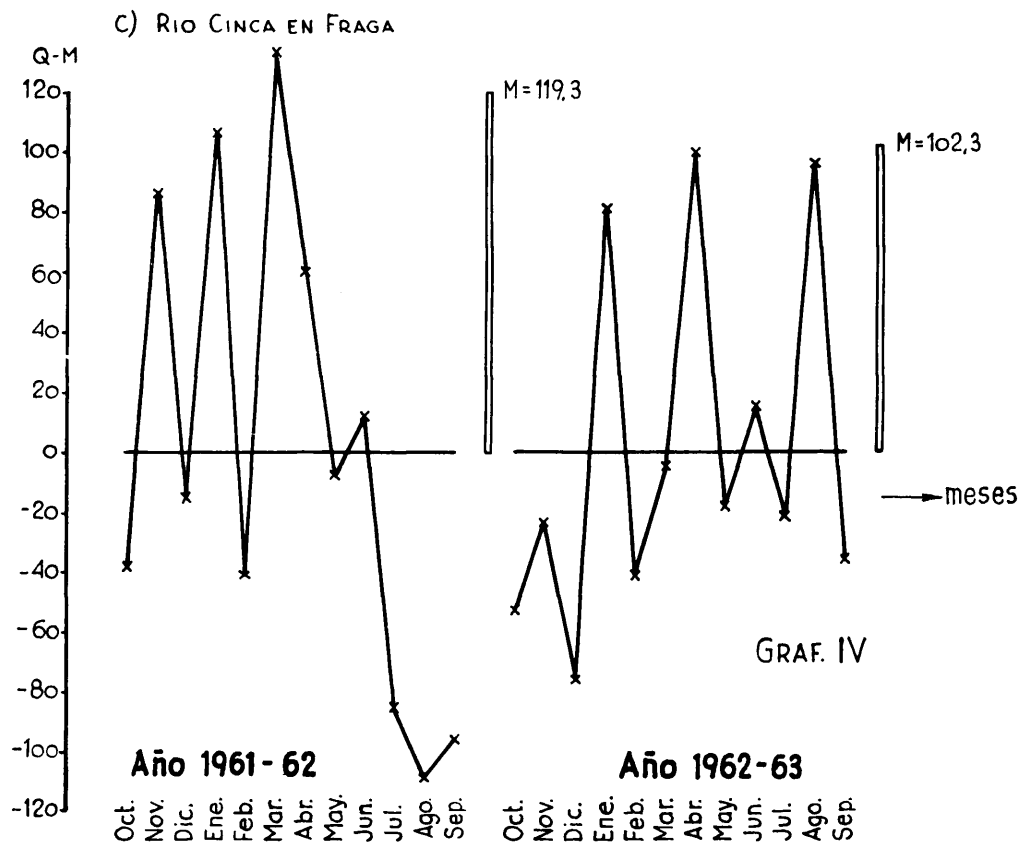
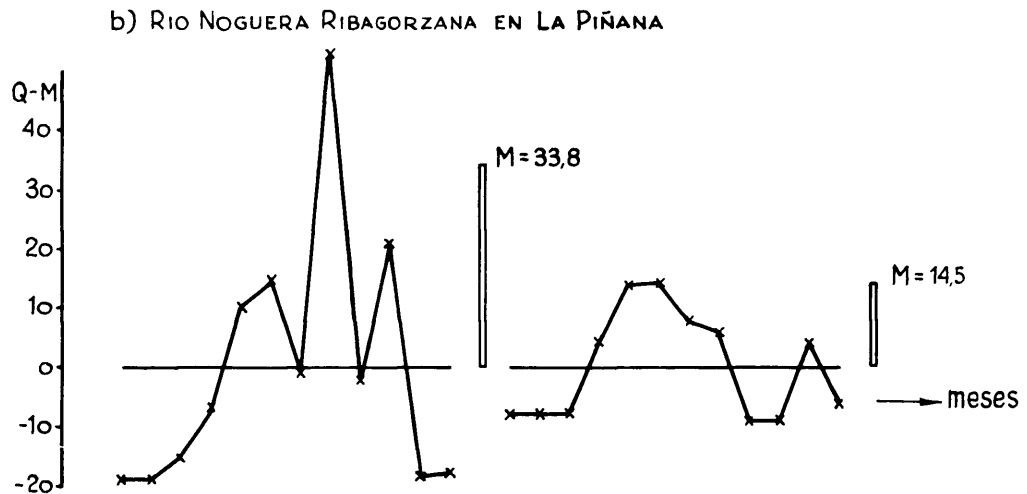
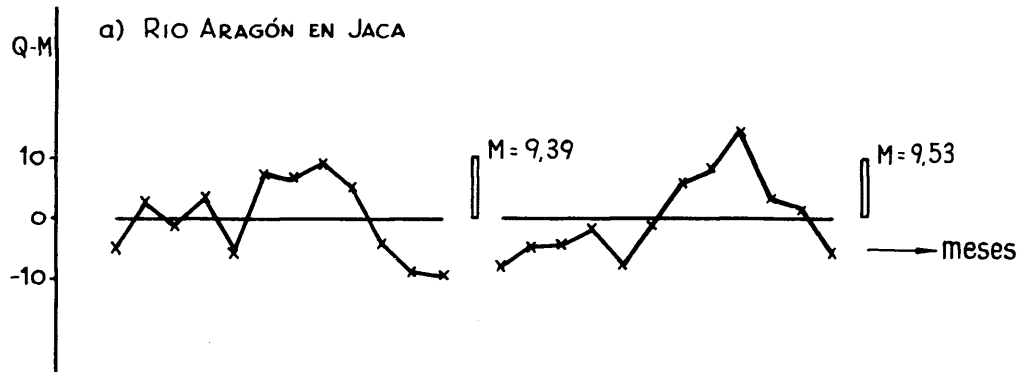


GRAF. III

Oct. Nov. Dic. Ene. Feb. Mar. Abr. May. Jun. Jul. Ago. Sep. Oct. Nov. Dic. Ene. Feb. Mar. Abr. May. Jun. Jul. Ago. Sep.

Q-M = Diferencias entre el caudal medio mensual y el módulo anual (en m³/seg.)

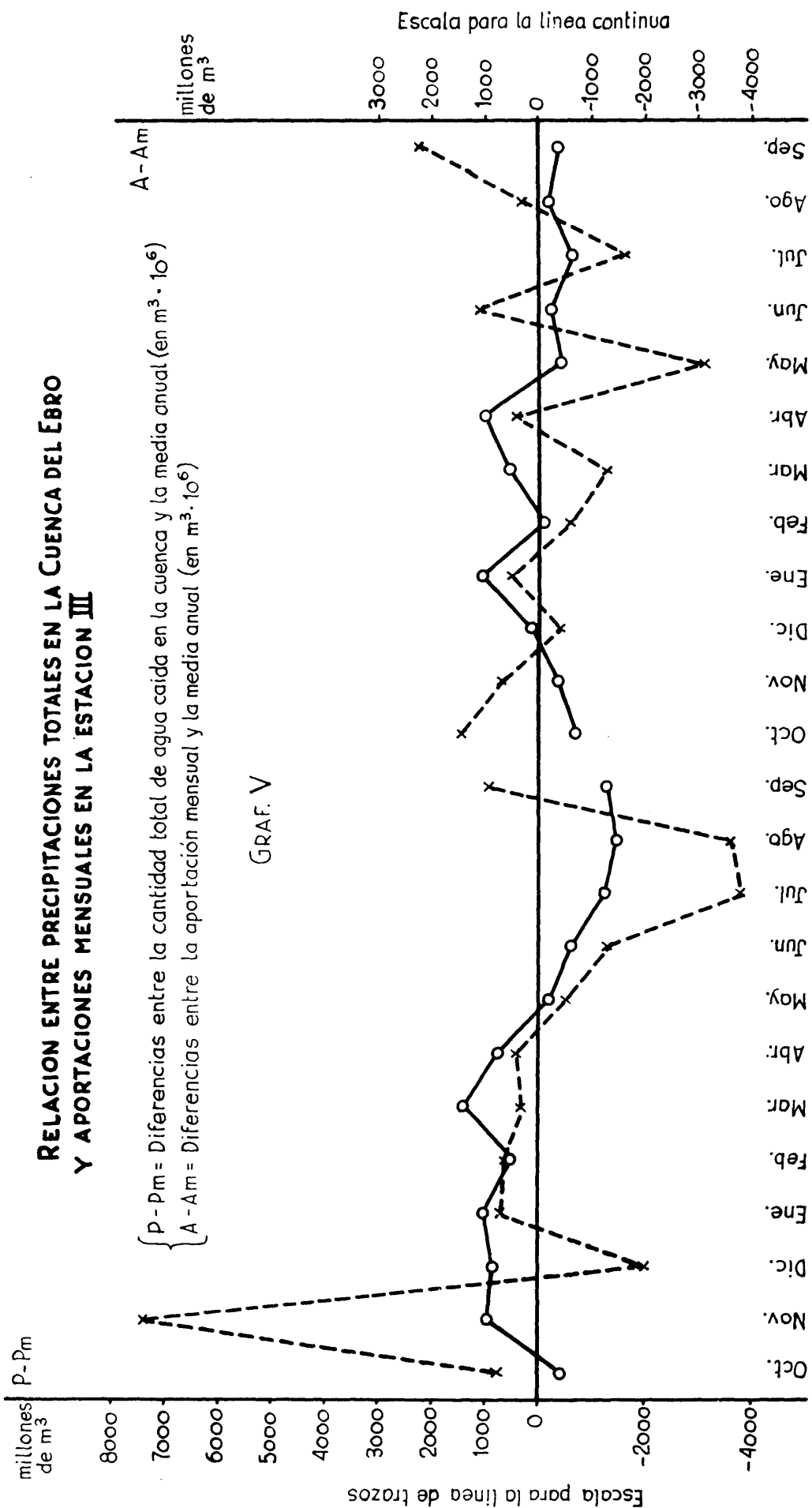
VARIACIONES DEL CAUDAL EN LOS DISTINTOS MESES



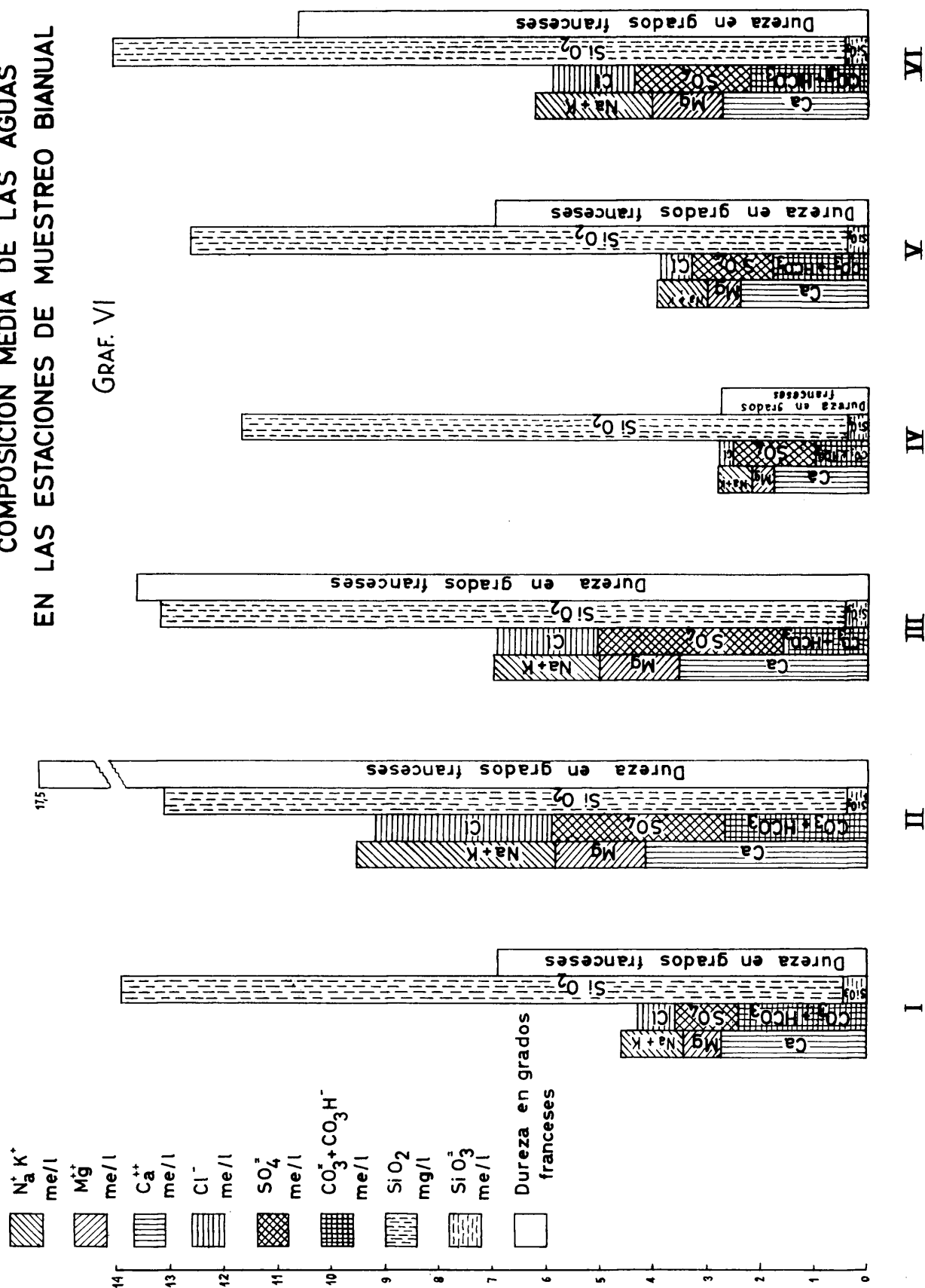
Q-M = Diferencias entre el caudal medio mensual y el módulo anual (en m³/seg.)

Año 1961-1962

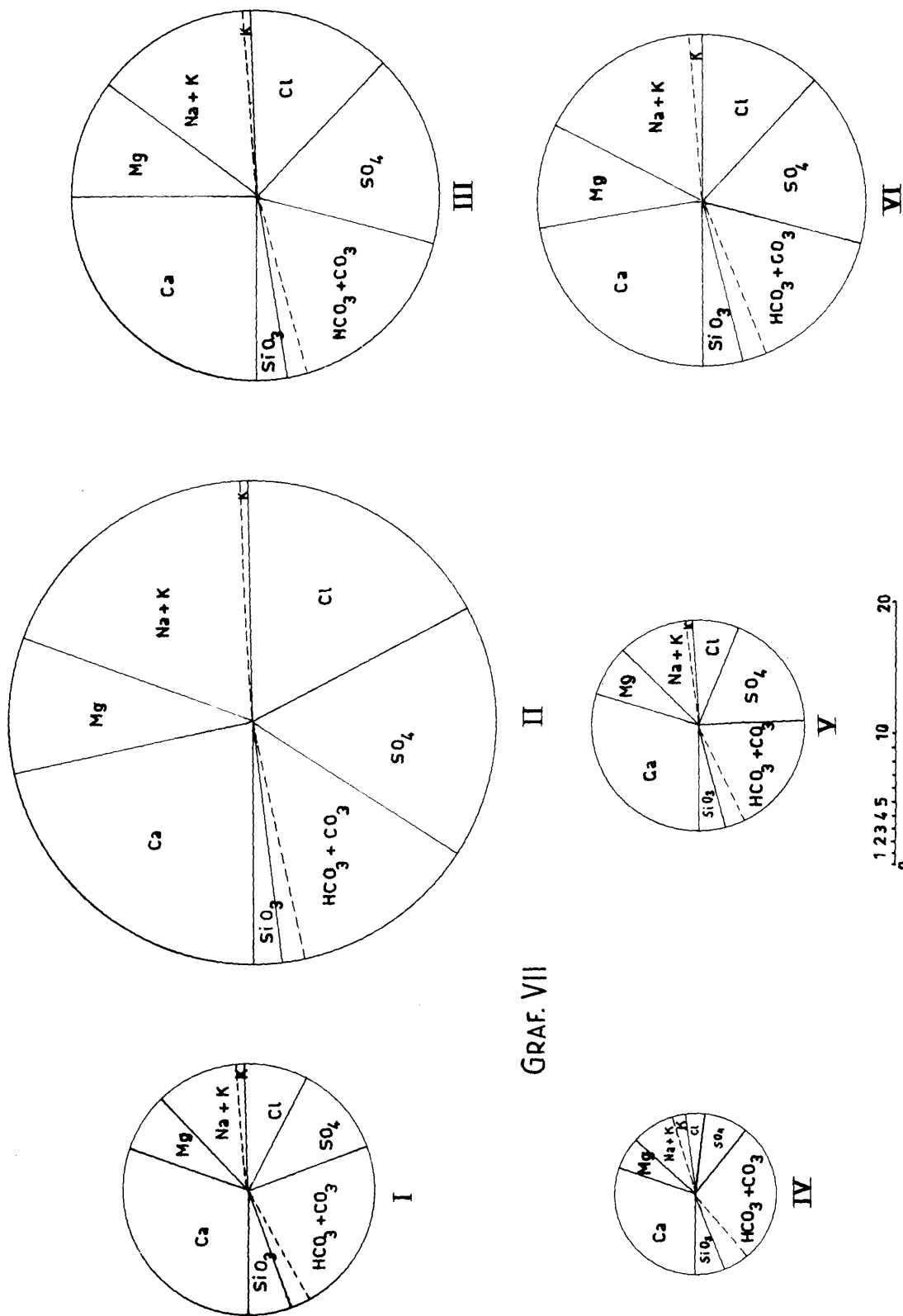
Año 1961 - 1962



GRAF. VI

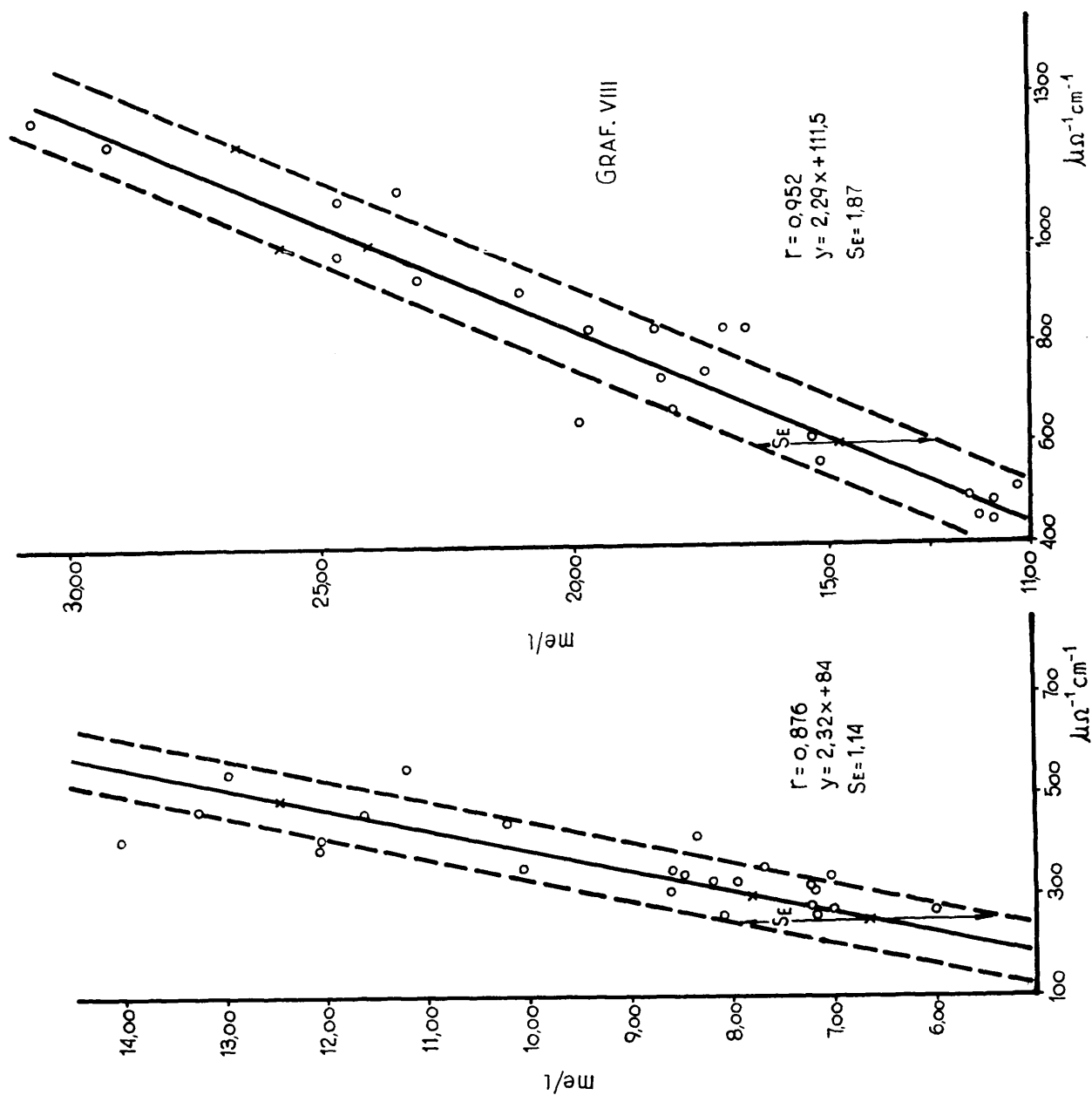


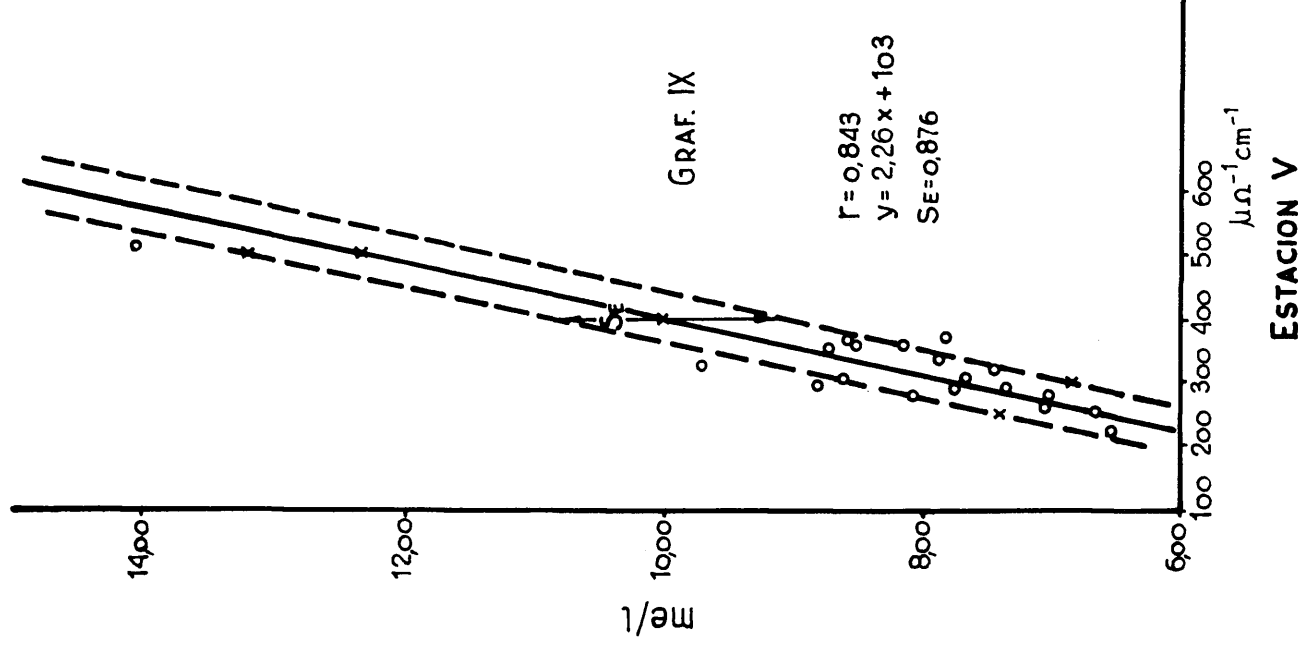
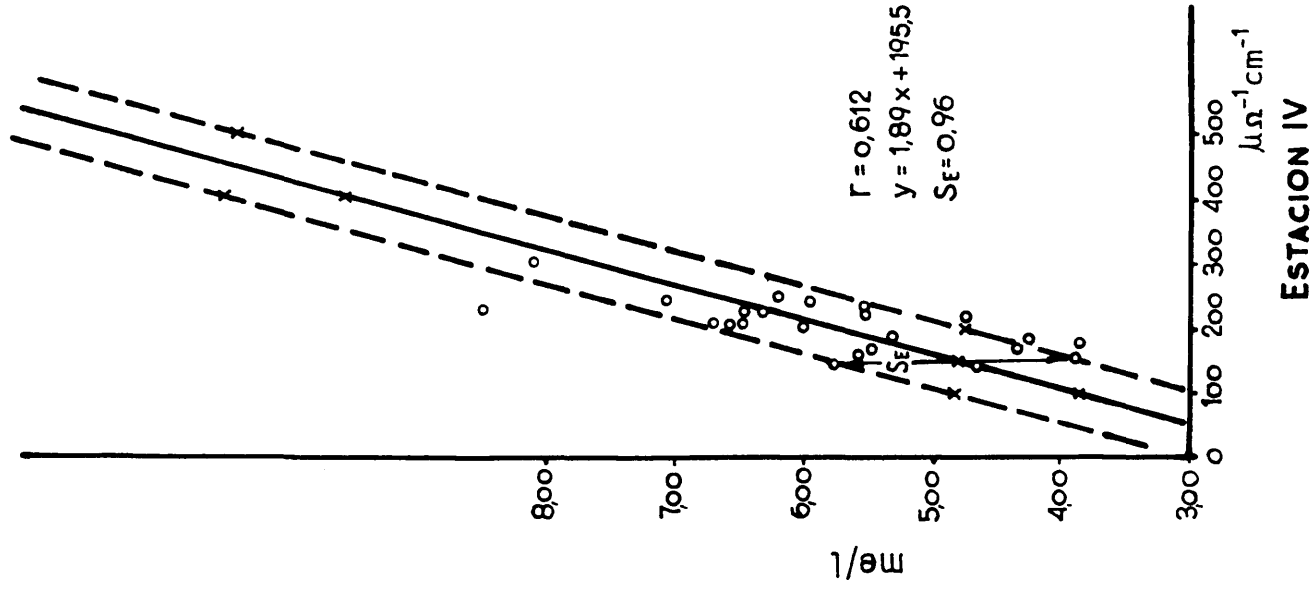
PORCENTAJE DEL TOTAL DE MILIEQUIVALENTES POR LITRO
ESTACIONES DE MUESTREO BIANUAL



GRAF. VII

RECTAS DE REGRESION DE LA CONCENTRACION TOTAL DE IONES EN MILEQUIVALENTES POR LITRO (ordenadas)
 SOBRE LA CONDUCTIVIDAD ESPECIFICA EN $\mu\Omega^{-1}\text{cm}^{-1}$ (abscisas)





GRAF. IX

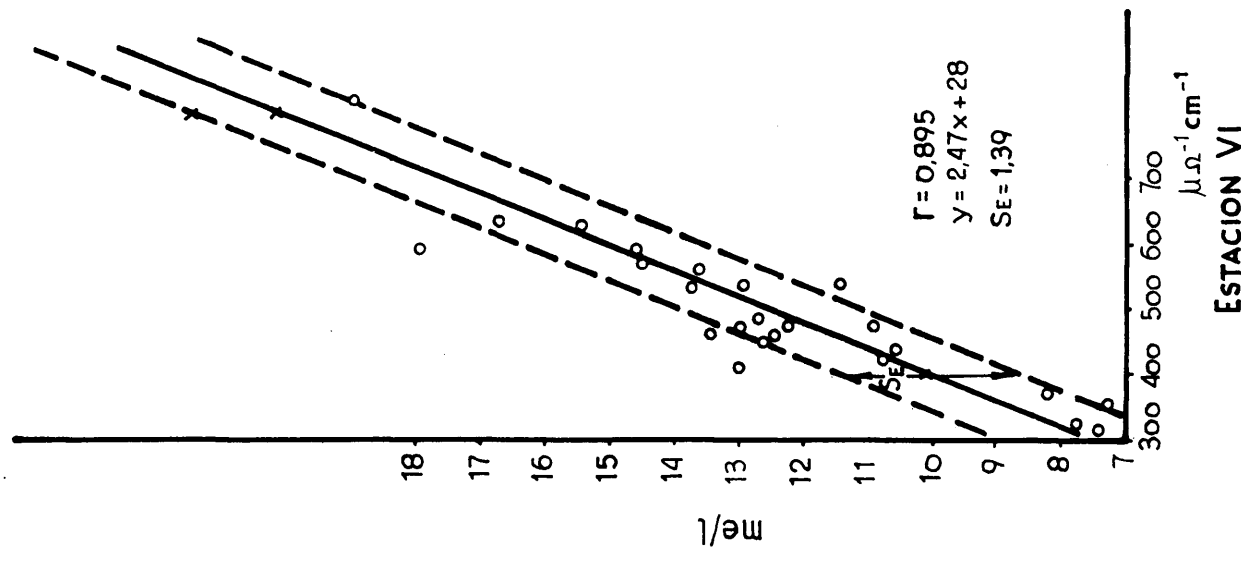
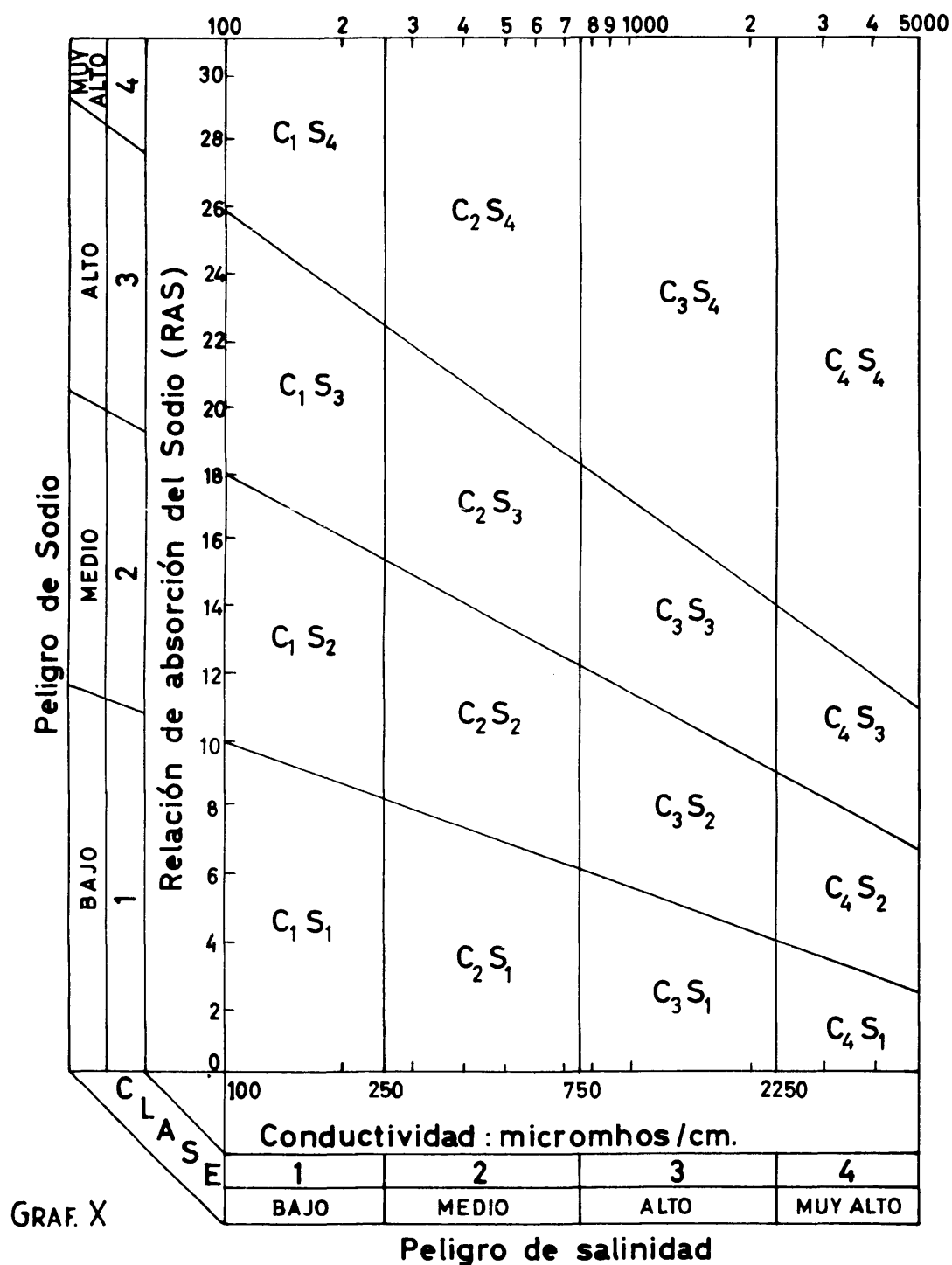
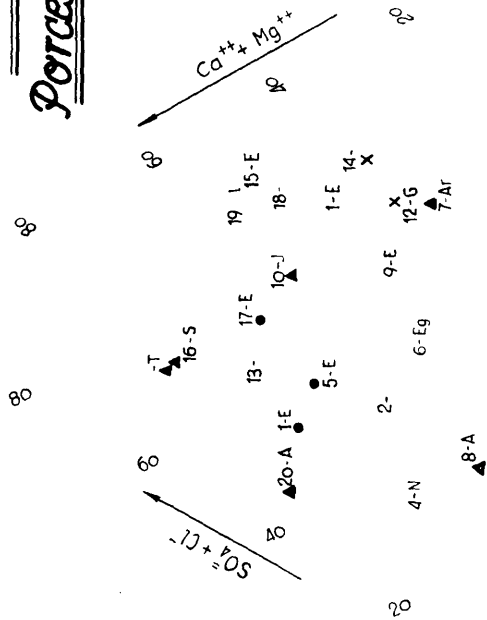


DIAGRAMA PARA LA CLASIFICACION DE LAS AGUAS PARA RIEGO

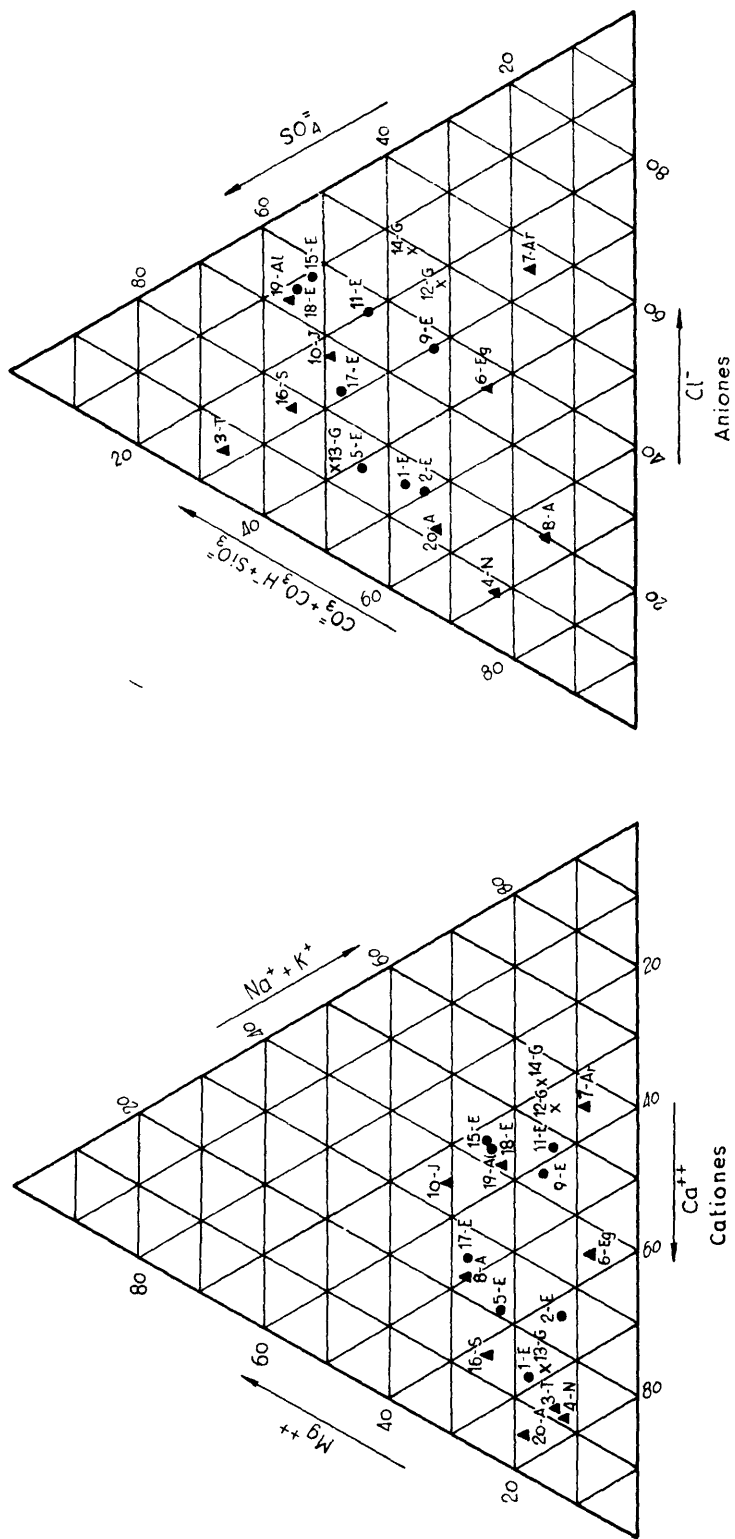


tres general.

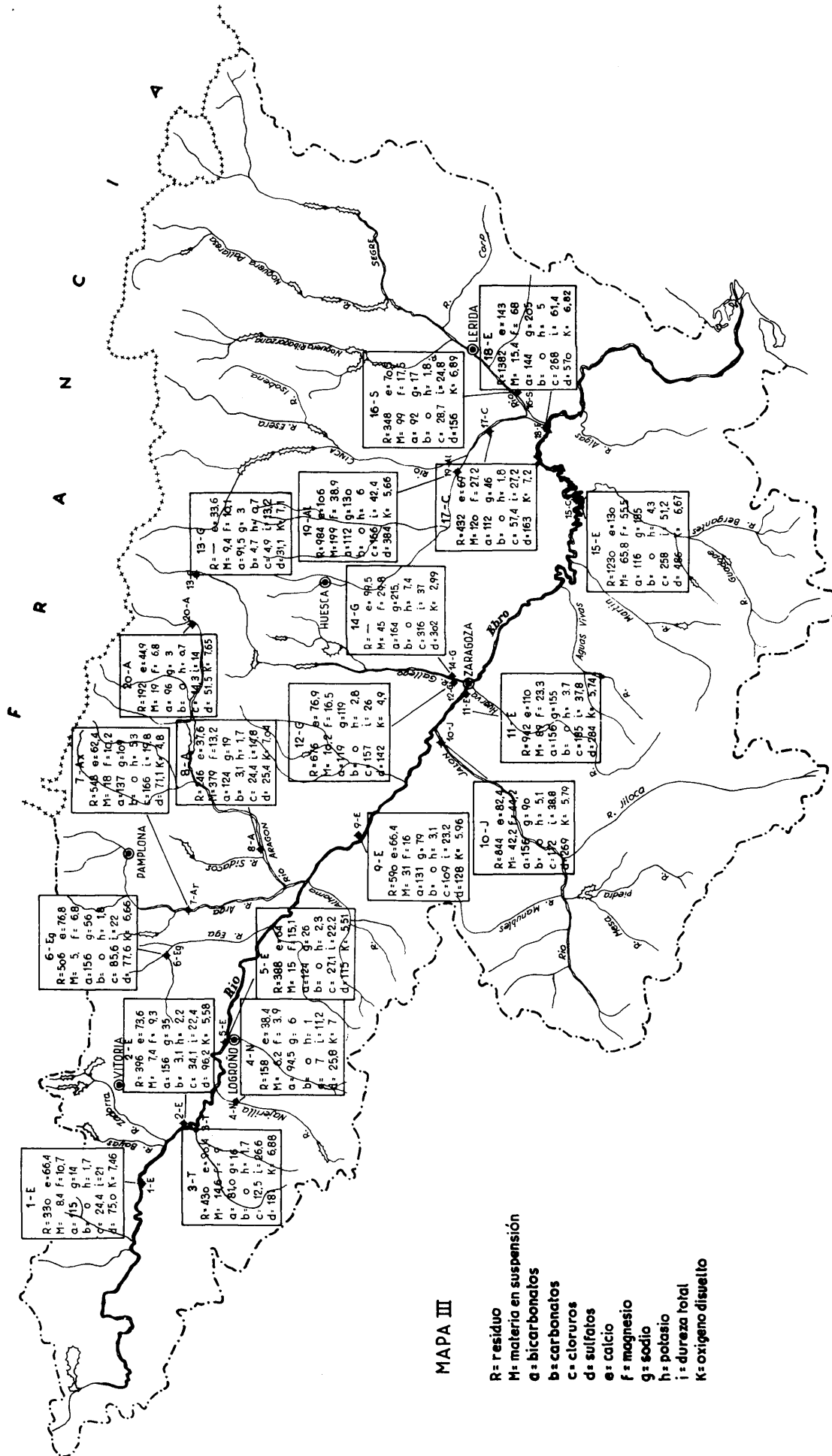
Porcentaje de aniones y cationes



GRAF. XI



Composición en los puntos del muestreo general

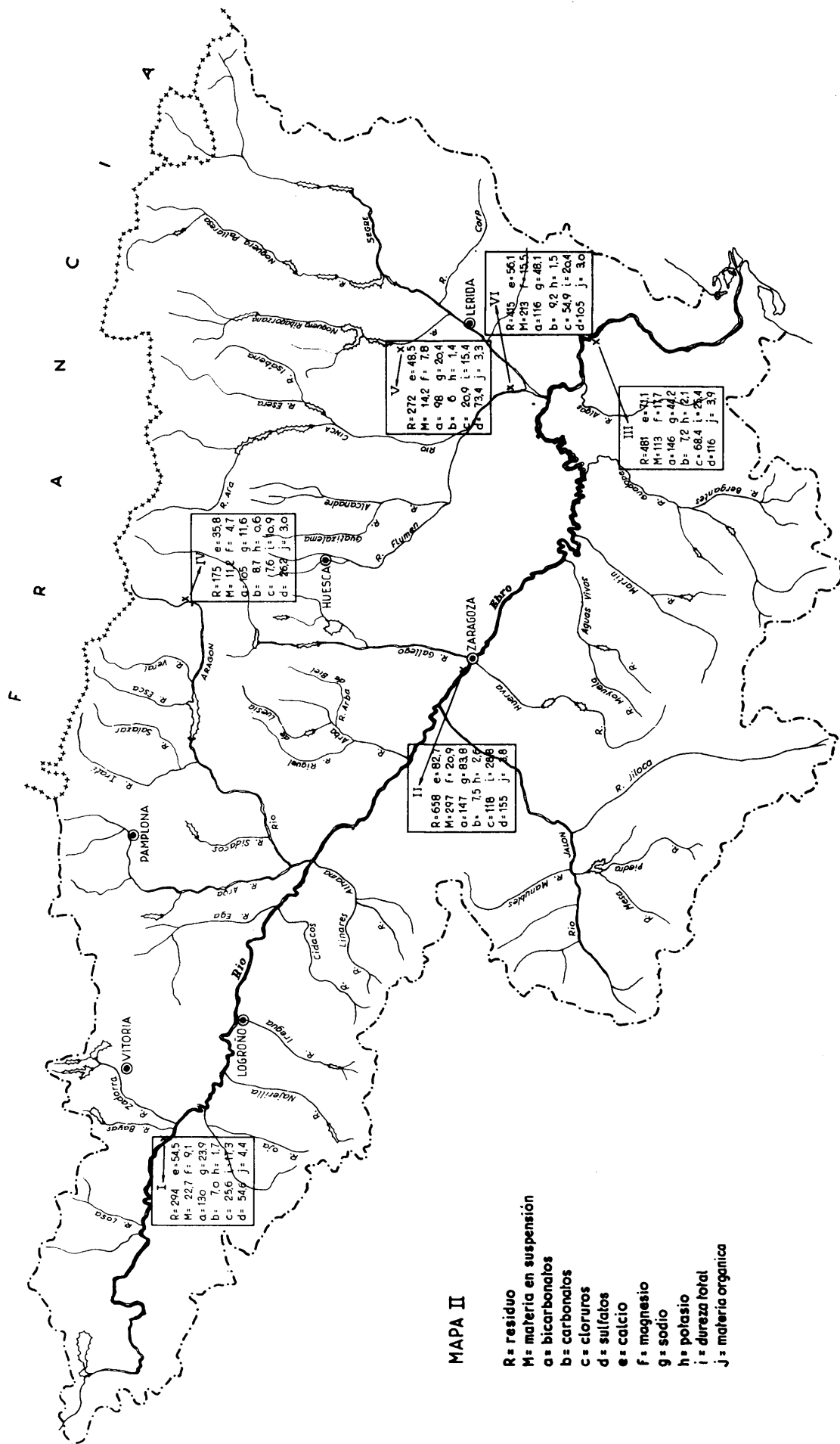


MAPA I

x Muestreo bianual
 ♦ Muestreo general
 ▲ Sales solubles

X Muestreo bianual
 ◆ Muestreo general
 ▲ Sales solubles

Composición media en las estaciones de muestreo bianual



B I B L I O G R A F I A

- (1) - ALBAREDA HERRERA, J.M. y HOYOS DE CASTRO, A.- Edafología. Madrid.- SAETA.- X + 368 pp.- 1955.
- (2) - ALBAREDA HERRERA, J.M.- El suelo.- Madrid.- SAETA.- XV + 285 pp.- 1940.
- (3) - ALONSO, J. y CATALAN, J.- Estudio Hidrológico de los tramos de cabecera de los ríos de que se abastece Madrid.- Leído en la Tercera Reunión del Grupo español de Sedimentología. Zaragoza 10-14 Junio 1964.
- (4) - ALONSO, J.J. y CATALAN, J.- Estudio al microscopio electrónico de la materia en suspensión de cinco ríos españoles. "Agua" Sept-Oct. 1963.
- (5) - ALONSO, J. y CATALAN, J.- Sales puras al microscopio electrónico. "Agua". Sept-Oct. 1964.
- (6) - BERL-LUNGE-D'ANS.- Métodos de análisis químico industrial. Trad. de la 8ª ed. alemana. Labor, S.A. V tomos y III apéndices 1945-1950.
- (7) - BIEL LUCEA, Angel y GARCIA DE PEDRAZA, Lorenzo.- El clima de Zaragoza y ensayo climatológico para el Valle del Ebro. Ministerio del Aire. Servicio Meteorológico Nacional. Publicaciones. Serie A. (Memorias) nº36.- Madrid, 1962.
- (8) - BOLETIN MENSUAL CLIMATOLOGICO del Servicio Meteorológico Nacional. Años 1961, 1962 y 1963.
- (9) - BRANSON, E.B. y TARR, W.A.- Elementos de Geología.- Ed. española preparada por Federico Portillo García.- Madrid, Aguilar, 1959 - XXIV + 653 pp.
- (10) - BRIGGS, L.J.- Electrical instruments for determining the moisture, temperature and soluble sal content of soils.- U.S. Dept. Agr., Div., Soils Bul. 15.- 1899.
- (11) - BURRIEL MARTI, Fernando y ALVAREZ HERRERO, Carmen.- Relación entre el residuo fijo de un agua y su conductividad específica.- "Agua" Marzo-Abril, 1963, 8-11.

- (12) - BUSTOS ARAGON, Angel.- Estudio químico hidrológico del río Duero y algunos de sus principales afluentes. (Tesis) (Leida el 23 de abril de 1965).
- (13) - CAMPBELL, R.B., BOWER, G.S. y RICHARDS, L.A.- Change of electric conductivity with temperature and the relation of osmotic pressure to electrical conductivity and ion concentration for soil extracts.- Soil. Sci. Soc. Amer. Proc. 1948. 13, 66-69.
- (14) - CATALAN LAFUENTE, J.G.- Estudio Químico-Sedimentológico de algunos afluentes del Tajo. (Tesis doctoral) C.S.I.C Serie Sedimentológica, Vol. 4º.- 1965.
- (15) - CATALAN, J.G. y ALONSO, J.J.- Estudio Químico y Geoquímico del río Sorbe, afluente del río Henares. Volumen extra del Centro de Estudios, Investigación y Aplicaciones de Agua. 1963.
- (16) - CATALAN LAFUENTE, J.G. y ALONSO PASCUAL, J.J.- Sales solubles en litofacies de la cuenca del Tajo.- Trabajo leído en la Tercera Reunión del Grupo Español de Sedimentología Zaragoza 10-14, Junio 1964.
- (17) - CATALAN LAFUENTE, J.G., ALONSO PASCUAL, J.J. y DIAZ-AMBROD.- Estudio geoquímico de los ríos Salado y Dulce, afluentes del río Henares. Agua. Julio-Agosto 1963.
- (18) - CATALAN, J. y GOMIS, C.- Polución del río Gállego.- "Agua" Nov-Dic. 1964.
- (19) - CATALAN, J. y KOHAN, O.M.- Investigación de la polución en el río Manzanares.- "Agua". Nov-Dic. 1963, 1-40.
- (20) - Catálogo Oficial de las presas de embalse con altura superior a los 15 metros. Ministerio de Obras Públicas. Dirección General de Obras Hidráulicas.- 1964.
- (21) - DAVIS, R.O.E.- The use of the electrolytic bridge for determining soluble salts.- U.S. Dept. Agr. Cir. 423.-1927
- (22) - DAVIS, L.E.- Theories of Base Exchange Equilibriums.- Soil Sci. 59. 1945.

- (23) - Diagnóstico y rehabilitación de suelos salinos y sódicos.- Editor L.A. Richards.- México. Instituto Nacional de Investigaciones agrícolas. Laboratorio de Salinidad. Febrero 1964.- XV + 172 pp.
- (24) - DIAZ-AMBRONA,C., CATALAN LAFUENTE,J.G. y ALONSO PASCUAL, J.J.- Estudio Químico-Hidrológico del río Tajo hasta Aranjuez. (Comunicación oral).
- (25) - Explicaciones de las hojas del Mapa Geológico de España. Instituto Geológico y Minero de España.
- (26) - FERRER,Joaquín.- Atlas Pluviometric de Catalunya. Fundación Patxot. Barcelona, 1930.
- (27) - FOURMARIER,P.- Hydrogeologie. Contribution a l'étude des eaux destinées a l'alimentation humaine et a l'industrie. París, Masson et Cie. 1958.
- (28) - GARCIA NAJERA,José M^a.- Principios de hidráulica torencial. Instituto Forestal de Investigaciones y experiencias,Madrid 1943.
- (29) - GAUSSEN,H.- La moitié orientale des Pyrénées: sol, climat, vegetation. Bull. Societé H^e Naturelle de Toulouse, 1926.
- (30) - GLASSTONE,Samuel.- Textbook of Physical Chemistry, 2nd. D.Van Nostrand, New York N.Y. 1946.
- (31) - GONZALEZ QUIJANO,Pedro M.- Avance para una evaluación de la energía hidráulica en España.- Ministerio de Obras Públicas, Consejo de la energía, 1932.
- (32) - GONZALEZ QUIJANO,P.M.- Mapa pluviométrico de la Peninsula Ibérica.- C.S.I.C. 1946.
- (33) - GUILLEN,M.G., FERNANDEZ,F.G. y CARO,M.- Estudio sobre la salinización de suelos en el sureste español. V Congreso International Commission on Irrigation and Drainage.Abril 1963. (Comité español de riegos y drenajes, Murcia).17 pp.
- (34) - HABERER,Klaus.- Uber den Kaliumgehalt im Oberrhein. Vom Wasser 27, 33-59, 1960.

- (35) - Handbook of Chemistry and Physics, 1953.- Chemical Rubb Publishing Co., Cleveland, Ohio.
- (36) - HEM, J.D.- Study and Interpretation of the Chemical Characteristics of Natural Water.- Geological Survey Water Sup Paper 1473.- Washigton, 1959.
- (37) - HERNANDEZ PACHECO, Eduardo.- Los cinco ríos principales d España y sus terrazas.- Trabajos del Museo de C. Naturale S. Geológica, nº36, Madrid, 1928.
- (38) - HERNANDEZ PACHECO, Eduardo.- Fisiografía del solar hispan Madrid, Real Academia de Ciencias, 1955-1956, 2 vols.
- (39) - HJULSTROM, F.- Studies of the morphological activity of rivers as illustrated by the rivers Fyris.- Bull. Geol. Inst.- Upsala, 1935, 221-527.
- (40) - HULETT, G.A. y ALLEN, L.E.- The solubility of gypsum.- Jour.- Am. Chem. Soc., V. 24.- 1902, 674.
- (41) - INIGUEZ HERRERO, Jaime.- Alteración de calizas y areniscas como materiales de construcción (Tesis).- Publicaciones del Ministerio de Educación Nacional. Dirección Gral. de Bellas Artes.- Madrid, 1961.
- (42) - JACKSON, M.L.- Soil Chemical Analysis.- Englewood Cliffs, N.J. Prentice-Hall, Inc, 1958.- XIV + 498 pp.
- (43) - JAEGER, J.S.- La Géochimie. Paris. Presses Universitaires, 1957. 118 pp.
- (44) - JOVANOVIĆ, P.S.- Les profiles fluviatiles en long, leurs forms et leur genése; essai de méthodes morphogénétiques nouvelles.- Paris, Colin, 1940.
- (45) - KOCH, P.- L'alimentation en eau des agglomerations.- Dunod Paris, 1960.- XII + 355 pp.
- (46) - KOHLRAUSCH, Fr.- Saturated aqueous solutions of sparingly soluble salts.- Zeitschr. Physik. Chem. Vol. 64, 1908, 121-169.

- (47) - KULMANN,D.- Distribución en el tiempo y en el espacio del oxígeno y otros elementos químicos en pequeños cursos de agua.- Beitr. (Gerlands) Geophys., Dtsch. 1960, 69 n°5, 294-319.
- (48) - LANDES,K.K.- Origin of sodium chloride of waters. J.Alberta Soc. Petroleum Geologists, 1960, 8, n°8, 234.
- (49) - LASIERRA.- El aterramiento de los embalses de la cuenca del Ebro.- Conf.Sind.Hidr. del Ebro. Contribución a la Conferencia Mundial de la Energía, Barcelona, 1929.
- (50) - LORENZO PARDO,M.- Plan General de Obras Hidráulicas.- Ministerio de Obras Públicas. Centro de Estudios Hidrográficos. 1933.
- (51) - LLAMAS MADURGA,M.R.- Los yesos de la cuenca del Ebro y sus repercusiones en los canales de regadío. Instituto de Investigaciones Geológicas. Lucas Mallada.- Boletín de la R.S.E. de Historia Natural, Tomo LVI, 1958.
- (52) - Manual on industrial water and industrial waste water. 2ª ed. 1960. ASTM Special Technical Publication,n°148-E
- (53) - Mapa geológico de España.- Escala 1:50.000. Instituto Geológico y Minero de España.
- (54) - Mapa Militar Itinerario de España, 1:200.000 Hojas 26, 28 y 38.
- (55) - Mapa Oficial de Carreteras de España, 1:400.000.- Ministerio de Obras Públicas. Secretaria General Técnica, Marzo 1965.
- (56) - Mapa pluviométrico de España y Portugal M.O.P. 1942.
- (57) - Mapa de los terrenos yesíferos de España. 1:1.000.000 Servicio Geológico de Obras Públicas. M.O.P.- 1962.
- (58) - Mapa Topográfico Nacional, escala 1:500.000 Instituto Geográfico y Catastral.
- (59) - MASACHS ALAVEDRA,V.- El régimen de los ríos peninsulares Instituto Lucas Mallada de Investigaciones Geológicas. Barcelona, 1948.

- (60) - MASON, Brian.- Principios de Geoquímica. Trad. de la 2^a ed. americana por el Dr. Rafael Candel Vila.- Barcelona, Omega S.A.- 333 pp. 1960.
- (61) - MIHOLIĆ, S. y STANČIĆ, B.- Las fuentes termales de Lasko (Slovakia) Estudio geoquímico.- Croat. Chem. Acta (1960), 31, n^o 4, 149-51.
- (62) - MILLOT, Georges.- Géologie des argiles.- Alterations. Sedimentologie. Géochimie.- Masson et Cie.- 1964, 49^o pp.
- (63) - MORTIMER, C.H.- The exchange of dissolved substances between mud and water in lakes.- J. Ecol., 29, 280-329; 147-201.- 1941, 1942.
- (64) - NOISSETTE, G.- Agresivité des eaux et protection interieue. Clasificación des eaux.- International water supply association. Vol. II. Proceeding of the Congress.- 1336-1355. 1961.
- (65) - Official and tentative methods of analysis of the Assotiation of Official Agricultural Chemists.- 7^a ed.- Washigt 1950, 910 pp.
- (66) - PAPP, Szilard.- Medición de los valores de pH de aguas dulces equilibradas en calcio y ácido carbónico. Magyar Kém. Lapja 4, 420-3.- 1949.
- (67) - PARDE, M.- Le regime des cours d'eau ibériques.- Revista del Instituto de Estudios Pirinaicos C.S.I.C., año V n^{os} 11-12, 1949.
- (68) - PEREZ MATEOS, J., ALONSO, J.J. y CATALAN, J.- Yesos en la cubeta del Ebro. I. Coloquio Int. sobre las obras públicas en los terrenos yesíferos. 1962.
- (69) - PEDRO, Georges.- Contribution a l'etude experimentale de l'alteration géochimique des roches cristallines (These). Paris. Instituto National de la Recherche Agronomique. 1964, 344 pp.
- (70) - Quality of surface waters of the United States. Annual Reports. U.S. Geol. Survey Water-Supply, Paper 973 (1945) 1030 (1949) y 1050 (1950).

- (71) - RANKAMA-SAHAMA.- Geoquímica.- Aguilar, 1954.
- (72) - REITEMEIER,R.F. y WILCOX,L.V.- A critique of estimating soil solution concentration from the electrical conductivity of saturated soils.- Soil Sci. 61, 281-293. 1946.
- (73) - REMY,H.- Conductivity measurements in very dilute solutions. Zeitschr. Electrochem., Vol. 31, 1925.
- (74) - RIBA,Oriol.- Sur le type de sedimentation du tertiaire continental de la partie Ouest du bassin de l'Ebre. Geologischen Rundschau, Band 43, 1955.
- (75) - RIOS,J.M.- Algunas áreas especiales de las zonas sub-pirenaicas y de la cuenca del Ebro.- Notas y Comunicaciones del Instituto Geológico y Minero de España, nº58. 1960.
- (76) - RIOS,Sixto.- Iniciación estadística.- Madrid,1956.221 pp.
- (77) - RODHE,W.- The ionic composition of lake waters.- Verh. Intern. Ver Theor. angew. Limnol., 10, 1949, 377-386.
- (78) - RODIER,J.- L'Analyse chimique et physico-chimique de l'eau. Eaux usées.- Paris, Dunod, 1960.
- (79) - ROSENTHAL,R.- Discusión sobre la aplicación de la conductividad eléctrica al análisis de aguas.- Water & Sewage (Can.) 87, 4, 23.- 1949.
- (80) - SAENZ,Clemente.- Acerca de la extensión superficial de los yesos en la cuenca del Ebro.- Publicaciones de la Confederación Sindical Hidrográfica del Ebro, 1929.
- (81) - SCOFIELD,D.S.- Measuring the salinity of irrigation waters and soil solutions with the wheatstone bridge.- U.S. Dept. of Agriculture Circ. 232.- 1932.
- (82) - SCOTT,N.N.- Standard Methods of Chemical Analysis.- 1927.
- (83) - SCHMITT,Richard.- Das Klima von Altkastilien und Aragonien auf Grund der Wetterbeobachtungen der Jahre 1906 bis-1925. Giessen, 1935.
- (84) - SCHOELLER,H.- Hidrologie des regions arides. Progres récents. UNESCO, 1959, 126 pp.

- (85) - Servicio Geológico de Obras Públicas.- I Coloquio Internacional sobre las Obras Públicas en los terrenos yesíferos. Sevilla-Madrid-Zaragoza, 1962, Libros-Guia del v. je de estudio nº2 y 3, 4 y 5.
- (86) - SHCHUKAREV, S.A.- Intento de una revisión general de las aguas de Georgia desde el punto de vista geoquímico.- Tr Gos. Tsent. in - ta Kurortologil, Vol. 5, 1934.
- (87) - SHEA, P.F.- Interpretation of water quality analysis for irrigation.- Tech. Bull. nº12, 1961, 26 pp.
- (88) - SLAVYANOV, N.N.- Eiskii mineral spring: its encasing and history. Trudy Lab. Gidrogel. Problem. im. F.P. Savarenского 1, 154-70, 1948.
- (89) - SMITH, S.H.- Temperature correction in conductivity measurements. Limnol. & Oceanogr., 1962, 7, 330-334.
- (90) - Standard methods for the examination of water and sewage American Water Association.- 9^a ed. 286 pp. 1946.
- (91) - STOKES, R.H.- Die Leitfähigkeit von Salzsäure bei 15°C. J. Physic. Chem. 65, 1242-47, Julio 1961.
- (92) - STRAKHOV, N.M.- Methodes d'étude des roches sedimentaires Annales du Service d'Information Géologique, nº35. 1958.
- (93) - SURYANARAYANA, C.V. y VENKATESAN, V.K.- Elektrische Leitfähigkeit konzentrierter Lösungen starker Elektrolyte.- Act Chim. Acad. Sci. hung., 17, 327-52, 1958.
- (94) - TERAN, M. de y sole SABARIS, L.- Península Ibérica, Geografía Física.- Geografía Universal de P. Vidal de la Blanch y L. Gallois. Tomo X, Barcelona, Montaner y Simón S.A. 1951.
- (95) - VERNADSKY, V.I.- Sur la classification et sur la composition chimique des eaux naturelles. Bull. soc. franc. min. ral. 53, pp. 417.
- (96) - VOSTROKNUTOV, G.A.- Representation graphique de la composition chimique des eaux naturelles.- Prospection et protection des sous-sol, 3. Moscou, Mars 1959. Traduit et

213
publié par le Bureau des Recherches Geologiques, Geophysiques et Minières, Ed. Technip.

- (97) - WILCOX, L.W.- Determination of electrical conductivity of soil solution. Soil. Sci. U.S.A., Vol. 63, 1947.
- (98) - WILCOX, L.V.- Determining the Quality of Irrigation Water. Agr. Inf. Bull. n° 197. United States Department of Agriculture, 1958.
- (99) - WILCOX, L.V. Sobre aplicaciones de la conductividad eléctrica al análisis de aguas. J. Amer. Water. Works. Assoc., 42, 775-6. 1950.
- (100)- WILKS, S.S.- Análisis estadístico elemental. Trad. de S. Ríos y J. Royo. C.S.I.C. Departamento de Estadística.- Madrid 1952, 327 pp.
- (101)- XIMENEZ DE EMBRUN, J.- La repoblación forestal en sus relaciones con el régimen de los ríos.- Plan general de Obras Hidráulicas, Madrid, 1933.
- (102)- ZAKHAR'INA, G.V.- Problema sobre la clasificación de las aguas naturales y soluciones según su composición química. Soviet Soil Science, n° 4, Abril 1963, 351-362.